



Inês de Abreu Ferreira

Licenciada em Ciências de Engenharia e Gestão Industrial

Simbiose Industrial na Indústria da Pasta, Papel e Cartão: o caso particular das Areias das Caldeiras a Biomassa de Leito Fluidizado

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial

Orientadora: Professora Doutora Helena Maria Lourenço Carvalho Remígio, Professora Auxiliar, FCT/UNL

Júri:

Presidente: Professora Doutora Ana Paula Ferreira Barroso, Professora Auxiliar da Faculdade de Ciência e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa

Arguente: Professora Doutora Graça Maria de Oliveira Miranda Silva, Professora Auxiliar do ISEG – School of Economics and Management

Vogais: Professora Doutora Helena Maria Lourenço Carvalho Remígio, Professora Auxiliar da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa

Engenheira Marta Maria Castelo Santos de Almeida Domingues do Souto Barreiros, Coordenadora da área de ambiente e indústria na CELPA – Associação da Indústria Papeleira



FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

setembro 2018

Simbiose industrial na indústria da Pasta, Papel e Cartão: o caso particular das Areias das Caldeiras a Biomassa de Leito Fluidizado

Copyright @ Inês de Abreu Ferreira, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa

A Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa tem o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou forma digital, ou qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objectivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado o crédito ao autor e editor.

Agradecimentos

Gostaria de agradecer, em primeiro lugar, à minha orientadora, Professora Helena Carvalho, por toda a atenção e disponibilidade que dedicou a este estudo e por ter sido uma constante motivação, apoiando-me, incansavelmente, em todos os momentos.

Agradeço à CELPA e ao seu diretor-geral, Eng. Carlos Vieira, a oportunidade que me foi dada e que me permitiu desenvolver este trabalho. Agradeço, em particular, o acolhimento, a exigência, a disponibilidade e transmissão de conhecimentos, por parte da Eng^a. Marta Souto Barreiros, que acompanhou o meu trabalho, fornecendo-me todas as ferramentas necessárias para o desenvolvimento do mesmo.

Gostaria de agradecer, também, a todas as pessoas que se disponibilizaram a participar neste estudo, nomeadamente ao Gonçalo Pinheiro, André Filipe, Carlos Quadros, Viriato Morais, Mário Jordão e Carlos Cruz, que me disponibilizaram todas as informações necessárias, recebendo-me com um sorriso e simpatia, nas instalações das empresas às quais pertenciam.

Um agradecimento especial às minhas amigas, Rita Martins, Flávia Bastos e Catarina Rodrigues, por todo o interesse no trabalho que desenvolvi e pela motivação, incentivo e carinho, incansável.

Agradeço, também, às minhas amigas, Sónia Oliveira e Mariana Patrício, por me fazerem sempre acreditar em mim, nos meus esforços e nas minhas capacidades.

Agradeço aos meus amigos e companheiros desta viagem, Diogo Jantarada, Hugo Cavaco e João Nogueira, que nunca deixaram de me animar e ajudar, em todos os momentos.

Agradeço, especialmente, a um querido e estimado amigo, Doutor Alexandre Flores, por toda a paciência e disponibilidade, para me ajudar com este trabalho.

Por último, quero agradecer aos meus grandes pilares, os meus pais e à minha avó, que sempre me ajudaram a encarar e a ultrapassar todos os obstáculos que surgiram, motivando-me e fazendo-me acreditar, sempre, que era capaz.

Resumo

Através do desenvolvimento tecnológico, económico e social que se tem vindo a manifestar ao longo do tempo, novos hábitos de consumo começam a ser adotados. Estas alterações associadas ao crescimento populacional e, consequentemente, ao crescimento do setor industrial promovem, não só a geração de um maior número de resíduos como também, o aumento de emissões de gases com efeito de estufa. Estando a sociedade alerta para esta situação, vários esforços têm vindo a ser desenvolvidos, por várias indústrias, para encontrar novas políticas e estratégias, que contribuam para uma gestão de resíduos e desperdícios mais eficaz e eficiente, bem como, para fornecer novas práticas industriais que promovam a reciclagem e a reutilização dos resíduos. Nesta ótica nascem os conceitos de economia circular e simbiose industrial.

Esta dissertação pretende estudar a aplicação do conceito de simbiose industrial, na indústria da pasta, papel e cartão. Este foi o setor selecionado pois representa cerca de 8% da produção industrial nacional e é um dos setores, a nível nacional, que mais esforço tem desenvolvido para promover conceitos relacionados com a sustentabilidade e redução da exploração de recursos naturais. Desta forma, esta dissertação pretende analisar e identificar os fatores envolvidos na implementação do conceito de simbiose industrial, através da construção de um modelo que permite analisar a rede de valor, formada pelos vários participantes de simbiose. É, também, realizado um questionário para fazer um levantamento das principais barreiras e motivações, que inibem ou motivam, respetivamente, este processo.

Para realizar esta dissertação, selecionou-se a metodologia de estudo de caso, que foca um—dos subprodutos da indústria da pasta, papel e cartão – as areias das caldeiras de biomassa de leiteo fluidizado. Assim, adota-se um modelo de análise à rede de valor de simbiose industrial, que permite identificar os grupos de *stakeholders* que detêm de maior poder e interesse nesta rede, bem como, possíveis aplicações do subproduto específico, em outras indústrias.

Conclui-se que é necessário a adoção de ações-chave, a nível de design de produtos e produção circular, modelos de negócio, colaboração entre setores e administração (por exemplo, entidades como a Agência Portuguesa do Ambiente, Comissões de Coordenação e Desenvolvimento Regionais) e utilização de matérias-primas em cascata. Reúnicas as condições necessárias, o processo de simbiose industrial pode tornar-se uma prática recorrente, promovendo o conceito de sustentabilidade e reduzindo a exploração de recursos naturais.

Abstract

Through the technological, economic and social development that has been manifesting over time, new consumption habits are beginning to be adopted. These changes associated with population growth and, consequently, the growth of the industrial sector promote not only the generation of more waste but also the increase in greenhouse gas emissions. As society is alerted to this situation, some efforts have been made by various industries to find new policies and strategies, to contribute to a more effective and efficient waste and waste management, and to provide new industrial promote the recycling and reuse of waste. In this perspective are born the concepts of circular economy and industrial symbiosis.

This dissertation intends to study the application of the concept of industrial symbiosis in the pulp, paper and cardboard industry. This was the industry selected because it represents about 8% of the national industrial production and is one of the sectors, at the national level, that has made more effort to promote concepts related to sustainability and reduction of the exploitation of natural resources. In this way, this dissertation aims to analyze and identify the factors involved in the implementation of the concept of industrial symbiosis, through the construction of a model that allows analyzing the value network, formed by the various symbiosis participants. A questionnaire is also carried out to survey the main barriers and motivations that inhibit or motivate, respectively, this process. To carry out this dissertation, the case study methodology was selected, focusing on one of the by-products of the pulp and paper industry - the sands of the fluidized bed biomass boilers. Thus, a model of analysis is constructed to the network of industrial symbiosis value, which allows identifying the groups of stakeholders that hold the most significant power and interest in this network, as well as possible applications of the specific by-product in other industries.

It is concluded that it is necessary to adopt key actions, regarding product design and circular production, business models, the collaboration between sectors and administration (for example, entities such as the Portuguese Environment Agency, Regional Coordination, and Development Commissions) and the use of cascade raw materials. Once the necessary conditions have been met, the process of industrial symbiosis can become a recurrent practice, promoting the concept of sustainability and reducing the exploitation of natural resources.

Índice

1 Introdução.....	1
1.1 Enquadramento do problema.....	1
1.2 Definição dos objetivos	2
1.3 Abordagem metodológica	3
1.4 Estrutura da dissertação	3
2 Enquadramento teórico	5
2.1 Economia circular: transição para um novo modelo económico.....	5
2.2 A Economia circular e a indústria: o conceito e a estratégia de simbiose industrial	6
2.2.1 Eco parques industriais	7
2.2.2 Quantificação da simbiose industrial.....	8
2.3 Modelo conceitual para implementação do conceito de economia circular	9
2.3.1 Design de produtos e produção circular	10
2.3.2 Modelos de negócio	11
2.3.3 Colaboração entre setores	12
2.3.4 Utilização de matérias-primas em cascata	14
2.4 Análise da rede de valor de stakeholders, no processo de simbiose industrial	15
2.4.1 Definição de stakeholder.....	15
2.4.2 Atributos da rede de valor	15
2.4.3 Análise da rede de valor.....	16
2.5 Instrumentos europeus legais e políticos de suporte à simbiose industrial	17
2.6 A transição para a bioeconomia.....	19
3 O setor da pasta, papel e cartão	23
3.1 Caracterização do setor pasta, papel e cartão e processo de fabrico.....	23
3.2 Transição para uma bioeconomia	26
3.3 Resíduos e subprodutos gerados no setor da pasta e papel	29
3.3.1 Processo de classificação como subproduto	30
3.3.2 Desenvolvimento de soluções para os resíduos sólidos	32
3.3.3 Caso particular das areias CBLF como subproduto	33

4 Estudo de caso – rede de simbiose industrial das areias CBLF	37
4.1 Metodologia de estudo de caso	37
4.1.1 Seleção do estudo de caso	37
4.1.2 Etapas de abordagem metodológica	38
4.1.3 Recolha de dados	40
4.1.4 Fiabilidade e validade do estudo de caso	41
4.2 Enquadramento	42
4.2.1 Caracterização das areias CBLF	42
4.2.2 Transporte de areias	43
4.2.3 Origem das areias CBLF e sua utilização como subproduto	44
4.3 Desenvolvimento do modelo da rede de valor de simbiose industrial	45
4.3.1 Identificação dos stakeholders	45
4.3.2 Identificação dos fluxos de valor	50
4.3.3 Quantificação dos fluxos de valor	52
4.4 Identificação das barreiras e motivações ao processo de simbiose industrial	58
4.4.1 Barreiras	58
4.4.2 Motivações	61
4.5 Análise crítica de resultados	64
5 Conclusões	66
Bibliografia	69
Anexo A	75
Anexo B	77

Índice de Tabelas

Tabela 2-1 Níveis de análise da aplicação da economia circular	6
Tabela 2-2 Critérios e avaliação de resíduos.....	8
Tabela 3-1 Possíveis tendências na indústria da pasta, papel e cartão, em 2030.....	27
Tabela 4-1 Caracterização das entidades	38
Tabela 4-2 Fontes de dados primárias	40
Tabela 4-3 Fontes de dados secundárias.....	41
Tabela 4-4 Medidas e técnicas utilizadas para garantir a qualidade do estudo de caso	42
Tabela 4-5 Características granulométricas relativas às areias NS 30/40	43
Tabela 4-6 Características químicas médias das areias NS 30/40 (%).....	43
Tabela 4-7 Localização das fábricas de pasta, papel e cartão, a nível nacional.....	46
Tabela 4-8 Níveis de pontuação para o critério “Urgência”	52
Tabela 4-9 Níveis de pontuação para o critério “Dependência”	53
Tabela 4-10 Pontuação combinada dos critérios “Urgência” e “Dependência”	53
Tabela 4-11 Matriz de fluxos de valor trocados entre <i>stakeholders</i>	57
Tabela 4-12 Perfil dos especialistas que foram questionados para recolha de dados.....	58
Tabela 4-13 Barreiras ao processo de simbiose industrial	59
Tabela 4-14 Pontuações atribuídas às barreiras	59
Tabela 4-15 Motivações identificadas ao processo de simbiose industrial	61
Tabela 4-16 Pontuações atribuídas às motivações	62
Tabela 4-17 Incentivos identificados ao processo de simbiose industrial	63
Tabela 4-18 Pontuações atribuídas aos incentivos	63

Tabela A-1 Workshops, seminários e encontros, realizados acerca da temática economia circular 75

Índice de Figuras

Figura 1-1 Representação da estrutura da dissertação.....	4
Figura 2-1 Modelo concetual para adoção do conceito de economia circular.....	9
Figura 2-2 Estratégias de modelos de negócio e design de produtos circular, para atrasar e fechar ciclos de utilização de recursos	12
Figura 2-3 Representação das prioridades que são motivadas pela bioeconomia.....	21
Figura 2-4 Evolução no consumo de biocombustíveis, no setor da pasta, papel e cartão	22
Figura 2-5 A utilização de madeira na União Europeia	22
Figura 3-1 Processo do produtivo do setor da pasta, papel e cartão	24
Figura 3-2 A cascata de utilização do papel	25
Figura 3-3 Principais fatores para a transformação da indústria da pasta, papel e cartão, em direção a 2030.....	26
Figura 3-4 Dimensões que estão na base das forças de sustentabilidade global e respetivos impactos nos negócios.....	28
Figura 3-5 Condições que têm de se reunir para classificar um resíduo como subproduto	31
Figura 3-6 Metodologia para estudar soluções para os resíduos sólidos	33
Figura 3-7 Exemplo de uma caldeira de leite fluidizado	34
Figura 4-1 Etapas adotadas na abordagem metodológica	39
Figura 4-2 Processo de produção de pasta de papel e área de recuperação e energia	44
Figura 4-3 Participantes do processo de simbiose industrial, no estudo de caso e respetivas relações	46
Figura 4-4 Representação dos fluxos de valor na rede do processo de simbiose industrial do estudo de caso	51

Abreviaturas, Siglas e Acrónimos

APA – Agência Portuguesa do Ambiente

APFAC – Associação Portuguesa dos Fabricantes de Argamassas e ETICS

C2C – *Cradle-to-Cradle*

CBLF – Caldeiras de Biomassa de Leito Fluidizado

CELBI – Celulose Beira Industrial

CELPA – Associação da Indústria Papeleira

CHP – Combined Heat and Power

DGEG – Direção-Geral de Energia e Geologia

EoW – End of Waste

GSIL – Guangdong Silver Island Lake

IED – Diretiva de Emissões Industriais

IIP – Política Industrial Integrada

IPP – Políticas Integradas de Produtos

I&D – Inovação e Desenvolvimento

LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil

RAIZ – Instituto de Investigação da Floresta e Papel

REACH – Registo, Avaliação, Autorização e Restrição de químicos

WFD – Diretiva do Quadro de Resíduos

1 Introdução

Com o desenvolvimento tecnológico, económico e social que se tem vindo a manifestar ao longo do tempo, novos hábitos de consumo começam a ser adotados. Estas alterações no consumo associadas, também, ao crescimento populacional e, consequentemente, ao crescimento do setor industrial, promovem não só a geração de resíduos, como também o aumento de emissões de gases com efeito de estufa (Genovese, Acquaye, Figueroa, & Lenny Koh, 2015). A Europa perde, aproximadamente, 600 milhões de toneladas de materiais que são colocados como desperdício pelas indústrias mas que podem ter potencial para serem reciclados ou reutilizados (Álvarez & Ruiz-Puente, 2017). Assim, têm sido desenvolvidos esforços para encontrar novas políticas e conceitos que contribuam para uma gestão de resíduos e desperdícios mais eficaz e eficiente, bem como para fornecer novas políticas que promovam a reciclagem e a reutilização dos resíduos. Nesta ótica nasceram os conceitos de economia circular e simbiose industrial.

1.1 Enquadramento do problema

É, cada vez mais, evidente que a sustentabilidade na economia exige foco nos recursos específicos que são limitados (Watkins, Husgafvel, Pajunen, Dahl, & Heiskanen, 2013). No entanto, os sistemas que são capazes de suportar a prosperidade humana, a longo prazo, devem reconhecer os limites de um planeta finito e dos seus recursos e, num mundo tão sustentável, deve existir um maior foco nas interações entre indústria-sociedade-ambiente, para garantir abordagens responsáveis de atividades industriais (Watkins *et al.*, 2013).

Equilibrar o desenvolvimento industrial e ambiental, com a saúde da população e o crescimento económico, a nível mundial, são os principais objetivos e pilares da aplicação do conceito de economia circular (Winans, Kendall, & Deng, 2017). Após um estudo relacionado com as práticas de economia circular nas indústrias chinesas, Zhu, Geng, & Lai (2010), concluíram que o principal objetivo da aplicação deste conceito é o de capitalizar a reciclagem dos fluxos de materiais e equilibrar o crescimento e desenvolvimento económico, com o uso ambientalmente sustentável de recursos. Torna-se importante, desta forma, explorar as vertentes do conceito de economia circular, a nível mundial e a nível nacional, uma vez que as mesmas potencializam vantagens competitivas para as indústrias, ao mesmo tempo que promovem o seu desenvolvimento sustentável.

Para colocar em prática, numa indústria, um modelo de economia circular é necessário adotar estratégias que contribuam para o desenvolvimento do mesmo. Esta dissertação foca apenas uma: a simbiose industrial. A simbiose industrial, segundo Álvarez & Ruiz-Puente (2017), é vista como um modelo de cooperação, que visa otimizar os fluxos de recursos, de onde se podem obter ganhos coletivos industriais maiores do que os ganhos individuais. O

rótulo geral do conceito de simbiose industrial inclui uma variedade de práticas, dentro de países que envolvem a ligação de processos industriais, em sistemas industriais regionais, através da troca de subprodutos e partilhas de utilidade (Jiao & Boons, 2014), simultaneamente à reutilização e comercialização de resíduos, que podem ser utilizados como matéria-prima secundária. Estas ações de partilha podem ser vistas como uma troca de recursos, numa rede de valor, constituída por vários participantes.

Sendo, a nível nacional, o setor da pasta, papel e cartão, o principal setor de produção de energia renovável na União Europeia (cerca de 57,7% do seu consumo primário tem como base a biomassa), a indústria do papel é a maior utilizadora da cogeração, um sistema que produz, em simultâneo e com alta eficiência, energia elétrica e térmica para consumo industrial, economizando as emissões de CO₂ (CELPA, 2017). Em Portugal, os biocombustíveis já representam 71% dos combustíveis consumidos pelo setor papelero, colocando este setor acima da média europeia (CELPA, 2017). Na área da eletricidade, o setor nacional da pasta e do papel é um dos poucos a assumir-se com elevado nível de autossuficiência, sendo também um dos setores que mais interesse e prática demonstra na temática da sustentabilidade, reutilização de recursos e utilização de energias renováveis, com a preocupação de reduzir a exploração de recursos naturais. É, então, necessário estudar e explorar o conceito de simbiose industrial, neste tipo de indústria. Num ambiente simbiótico, as sinergias são muito importantes, uma vez que permitem a partilha de recursos, nomeadamente de energia (calor e electricidade) e criam oportunidades para a gestão conjunta de resíduos, entre outros. De acordo com Winans *et al.* (2017), existem potenciais sinergias entre resíduos, energia e fluxos de água, dentro de um modelo hipotético circular, onde o conceito de economia circular é aplicado para melhorar as trocas de materiais na indústria do papel.

O desenvolvimento e exploração da economia circular e da simbiose industrial é benéfico para a partilha de recursos entre indústrias, principalmente a nível nacional, no setor da pasta, papel e cartão, uma vez que promove o seu crescimento económico e desenvolvimento sustentável (Fraga, 2017). No entanto, existe um conjunto de barreiras e motivações que limita e potencia, respetivamente, a implementação da simbiose industrial. Esta é uma temática que, a nível nacional, começa já a ser cada vez mais abordada em várias conferências, seminários e encontros (disponíveis em Anexo A) e tida em consideração por várias empresas, de diversos setores.

1.2 Definição dos objetivos

A motivação para desenvolver este estudo surgiu a partir da questão “*Como promover a simbiose industrial?*”. Sendo esta questão bastante alargada, o estudo tem como objetivos específicos:

- Identificação da rede de valor inerente ao processo de simbiose industrial;
- Quantificação do poder das entidades participantes na rede em análise do estudo de caso;

- Percepção dos participantes na rede em análise, relativamente às barreiras e motivações ao processo de simbiose industrial.

1.3 Abordagem metodológica

A metodologia de trabalho utilizada para a realização desta dissertação, está dividida em três fases:

1) Revisão bibliográfica - de forma a permitir a definição de uma estrutura teórica, acerca da temática da economia circular, mais concretamente, acerca da simbiose industrial. Ainda neste capítulo, foram explorados conceitos que seriam necessários para desenvolver um modelo qualitativo, que permitisse analisar uma rede de simbiose industrial.

2) Estudo de caso - como unidade de análise foi utilizada uma possível rede de simbiose industrial, relativa ao subproduto – areias das caldeiras de biomassa de leito fluidizado (nesta dissertação, estas areias são designadas como “areias CBLF” (areias das caldeiras de biomassa de leito fluidizado). Em outubro de 2017, as areias CBLF foram consideradas e classificadas, pela Agência Portuguesa do Ambiente (APA), como um subproduto, tendo sido evidenciadas e cumpridas todas as condições que estabelecem que uma determinada substância pode ser considerada um subproduto (e não um resíduo). Esta classificação permite que as mesmas possam ser comercializadas como matérias-primas secundárias, para outras indústrias. Assim, o principal objetivo da indústria da pasta, papel e cartão é comercializar as areias CBLF, incorporando-as em cadeias de valor, promovendo os conceitos de economia circular, simbiose industrial, sustentabilidade, eficiência na utilização de recursos e, consequentemente, reduzindo o volume de resíduos, que são enviados para aterro.

3) Análise e conclusões

1.4 Estrutura da dissertação

O documento relativo a esta dissertação é constituído por cinco capítulos. O primeiro é composto pela introdução, onde se enquadra o trabalho a realizar. No segundo realiza-se um enquadramento teórico, onde está compilada a revisão da literatura relativamente à temática a abordar. O terceiro introduz e especifica o setor da pasta, papel e cartão, no âmbito da temática da economia circular. No quarto é descrita e aplicada a metodologia de investigação – estudo de caso, no sentido de desenvolver um modelo de análise e fazer um levantamento relativamente a barreiras e motivações que levem à prática da simbiose industrial. O quinto capítulo encontra-se destinado a conclusões e sugestões. A estrutura da dissertação encontra-se apresentada na figura 1-1.

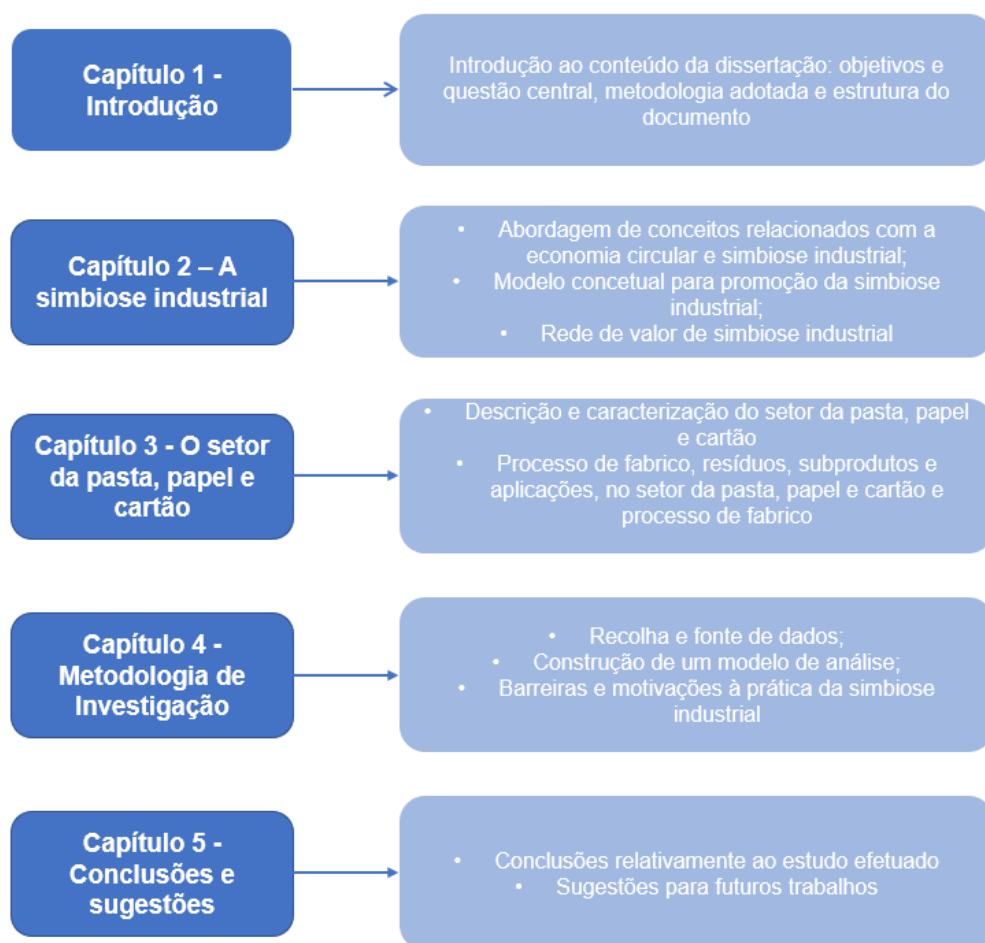


Figura 1-1 Representação da estrutura da dissertação

2 Enquadramento teórico

Neste capítulo são abordados alguns conceitos relacionados com a economia circular, nomeadamente: a história e algumas aplicações atuais da economia circular, os conceitos de ecologia e simbiose industrial. E são, também, apresentadas medidas para avaliação da relação de simbiose industrial.

2.1 Economia circular: transição para um novo modelo económico

Ao longo dos tempos, o conceito de economia circular evolui no seu desenvolvimento. Ainda que não exista uma evidência, ou pessoa específica, que esteja na origem do conceito de economia circular, várias são as pessoas que contribuíram para o desenvolvimento deste conceito. De entre elas, pode destacar-se o contributo do professor John Lyle e do seu estudante, William McDonough, assim como, do cientista alemão Michael Braungart e do arquiteto e economista Walter Shatel (Winans *et al.*, 2017). Foi, por eles, desenvolvido o conceito de *Cradle-to-Cradle* (C2C), que se considera a base de exploração do conceito da economia circular (Fraga, 2017). A introdução da economia circular teve, também, inspiração na tese de Rachel Carson's Silent Spring, com o nome "*Os Limites para o Crescimento*" (Winans *et al.*, 2017).

O conceito de C2C tem como principais pilares (Fraga, 2017): a eliminação do conceito de resíduos, o uso de energias como fontes renováveis e a gestão do uso da água, promovendo ecossistemas saudáveis e respeitando os impactos locais.

Os desenvolvimentos tecnológicos, que se desenvolveram ao longo dos anos, são uma das fontes de promoção do conceito de economia circular, que tem vindo a ser explorado, desenvolvido e aperfeiçoado. Atualmente, Elia, Gnoni, & Tornese (2017), consideram que estamos perante uma transição entre um modelo de economia linear e um modelo de economia circular. O primeiro, caracteriza-se por um fluxo de materiais unidirecional, com as matérias-primas a serem transformadas diretamente em produtos finais e os seus excedentes considerados como resíduos. O segundo, assenta na recuperação e valorização dos resíduos, permitindo uma reintrodução dos materiais na cadeia de abastecimento, de determinada indústria. Este modelo representa os ciclos de produção inversos, onde os resíduos, subprodutos e as matérias-primas secundárias são valorizadas.

Para a implementação da economia circular, considera Su *et al.* (2013) três níveis de análise: micro (entidades únicas), meso (associações de várias entidades únicas) e macro (a nível de cidade, região, província e país). Assim, encontram-se sumarizadas, na tabela 2-1, algumas práticas para a implementação da economia circular.

A nível *meso*, as práticas que promovem economia circular, podem estar relacionadas com os conceitos de simbiose industrial e eco parques industriais.

Tabela 2-1 Níveis de análise da aplicação da economia circular
Adaptado de Su *et al.* (2013)

Micro	Meso	Macro
Ecoeficiência Eco design	Simbiose industrial Eco parques Industriais	Indústria circular entre regiões e províncias
Aquisição de produtos com baixo nível de poluentes	Parques ambientais	Exploração do serviço de <i>renting</i>
Sistemas de reciclagem de produtos	Mercado de resíduos	Simbiose urbana
Apoios transversais a todos os níveis: políticas e estratégias (incluindo leis), que promovam a economia circular		

2.2 A Economia circular e a indústria: o conceito e a estratégia de simbiose industrial

Uma das áreas de implementação do conceito de economia circular passa pela produção industrial e, dessa implementação, nasce o conceito de “ecologia industrial”, que se baseia nos princípios (Fraga, 2017):

- Minimização de saídas do sistema produtivo;
- Melhoria de eficiência de processos industriais (promoção de processos de produção que maximizem a conservação de recursos naturais);
- Desenvolvimento de fontes de energia renováveis;
- Seleção e aquisição de materiais com impacto ambiental reduzido;
- Aplicação e promoção da simbiose industrial;
- Balanceamento de entradas e saídas, em termos de capacidade de carga de sistemas naturais, para preservação dos ecossistemas industriais.

A ecologia industrial baseia-se num dos princípios da economia circular reconhecido como a biomimética. Este princípio consiste na criação de materiais e energia, através da utilização de recursos renováveis (Korhonen, 2001). Associado ao conceito de ecologia industrial está o conceito de *ecodesign*. Este tem como principal objetivo aumentar o desempenho ambiental dos produtos, reduzindo os impactos ambientais durante a conceção e ciclo de vida dos mesmos (Fraga, 2017). Pode, assim, concluir-se que o conceito de ecologia industrial está, intrinsecamente, relacionado com o conceito de economia circular, resultando numa estratégia ambiental: a simbiose industrial. As ideias envolvidas no conceito de simbiose industrial são parte integrante de uma abordagem mais ampla do conceito de ecologia industrial, onde a simbiose promove a utilização e interação de fluxos e processos, dentro de um ecossistema industrial estudado (por exemplo, o uso de resíduos e reciclagem de resíduos industriais).

Segundo Bauman (2001), com o aparecimento da ecologia industrial, o estudo e a promoção da simbiose industrial, foram sendo aprofundados. Para uma melhor compreensão

do conceito de simbiose industrial, pode recorrer-se à definição de simbiose biológica. O termo “simbiose” refere-se à partilha de recursos, de uma forma mutuamente benéfica, entre duas espécies. Neste sentido, o conceito de simbiose industrial integra a partilha de necessidades entre indústrias ou setores, com o objetivo de aumentar as vantagens competitivas, de uma forma ambientalmente mais sustentável (Fraga, 2017).

Segundo Chertow (2008) podem ocorrer três tipos de ações numa relação de simbiose industrial:

- Partilha de infraestruturas;
- Partilha de necessidades de serviços comuns;
- Troca e mercado de subprodutos: uma indústria ou setor utiliza materiais de outra, como matéria-prima secundária.

De entre os vários fatores que se podem considerar para esta relação simbiótica, destaca-se a proximidade geográfica (Ehrenfeld & Gertler, 1997). Este ponto é considerado crítico, de acordo com Chertow (2008), uma vez que a distância entre empresas influencia a energia trocada e os fluxos de materiais. Pode, também, tornar-se importante analisar a cadeia de valor do negócio implementada numa empresa. Neste sentido, é necessário perceber quais são os desperdícios e identificar potenciais clientes desses mesmos desperdícios. Poderá, também, existir a necessidade de reformular a estrutura de negócio da empresa, no sentido da mesma aumentar a sua vantagem competitiva.

Para aplicar qualquer um dos conceitos relacionados com a economia circular, a comunicação é a chave para o sucesso. Winans *et al.* (2017) destacam que todos os recursos de comunicação, sejam eles de comunicação social (para a sociedade em geral) e de comunicação entre parceiros, permitem a partilha de informação entre parceiros, envolvimento da comunidade, maior conhecimento e responsabilidade do público e maior cobertura, por parte da imprensa, para divulgação do tema. Estes desenvolvimentos e a avaliação da cadeia de valor, fluxos de materiais e produtos, permitem que todos os *stakeholders*, envolvidos no processo de simbiose industrial, tenham uma ideia correta e clara dos benefícios sociais, económicos e ambientais que o conceito traz. Os sistemas de informação são indicados como uma possível forma de remover as barreiras à implementação da simbiose industrial (Grant, Seager, Massard, & Nies, 2010).

2.2.1 Eco parques industriais

No âmbito da introdução do conceito de simbiose industrial, nascem os parques industriais que permitem a partilha de recursos entre empresas e indústrias. Os eco parques industriais são uma especificação dos parques industriais e representam as primeiras manifestações de simbiose industrial, ocorrendo pela primeira vez em 1960, com a criação do eco parque industrial de Kalundborg, na Dinamarca (Desrochers, 2002).

Segundo Winans *et al.* (2017), os eco parques industriais incluem iniciativas como: trocas de água, energia, informação e materiais para minimizar a utilização de recursos, diminuição dos fluxos de resíduos e desperdícios e criação de relações ambientalmente económicas, ecológicas e sociais. Na mesma linha de pensamento dos eco parques industriais, surgem as relações de redes eco industriais e as redes de simbiose industrial, sendo que estas envolvem uma maior abrangência a nível geográfico, dentro de uma região, província ou país (Winans *et al.*, 2017).

Ainda de acordo com Winans *et al.* (2017), atualmente, os eco parques industriais constituem plataformas de inovação para a gestão ambiental, que vieram criar um novo paradigma: deixou de existir um tratamento de resíduos no final da produção, para se passar a ter um tratamento mais orientado para o sistema. Assim, existe maior valorização dos resíduos e desperdícios, facilitando a troca de recursos entre diferentes cadeias de abastecimento, com o objetivo de aumentar a eficiência das mesmas.

2.2.2 Quantificação da simbiose industrial

De forma a quantificar a implementação da simbiose industrial, Felicio (2013) propõe o cálculo da mesma, considerando a quantidade de resíduos de uma indústria ou setor, através da equação 2.1:

$$ISI = \frac{QIC}{1+QIS} = \frac{\sum_{w=1}^n (QRCw * GRCw)}{1 + \sum_{w=1}^n (QRSw * GRSw)} \quad (\text{eq. 2.1})$$

Onde: *ISI*: Índice de Simbiose Industrial, *GRC*: Grau de Resíduo Circulante, *GRS*: Grau de Resíduo de Saída, *QIC*: Quantidade de impacto circulante (Exemplo: Quantidade de resíduos trocados em simbiose), *QIS*: Quantidade de impacto de saída (quantidade de impacto que não é trocado em simbiose), *QRC*: Quantidade de resíduo circulante, *QRS*: Quantidade de resíduo de saída, *n*: número de tipos de resíduos envolvidos, *w*: tipo de resíduo

Para o cálculo do grau de resíduo circulante (*GRC*) e do grau de resíduo de saída (*GRS*), Felicio (2013) propõe uma avaliação com base em quatro critérios, apresentados na tabela 2-2, legislação, classe, uso/tratamento e destino dos resíduos. A cada critério é atribuída uma escala (1, 3 ou 5) e o avaliador deverá, também, atribuir um peso (entre 0 e 1), segundo o seu grau de importância. Assim: *GR* = Avaliação do critério × Peso do critério (a soma dos critérios deve dar 1).

Tabela 2-2 Critérios e avaliação de resíduos
Fonte: Felicio (2013)

Critérios	Avaliação
Legislação	1 - Boas práticas

	3 – Requisito geral
	5 – Requisito legal específico
Classe de resíduos	1 – Não perigoso – inerte
	3 - Não perigoso – não inerte
	5 – Perigoso
Uso/tratamento de resíduos	1 – Tratamento do resíduo na empresa doadora e recetora
	3 – Existe tratamento na empresa recetora do resíduo
	5 – Não é necessário tratamento em nenhuma das empresas
Destino dos resíduos	1 – Outra unidade industrial com pré-tratamento
	3 – Outra unidade industrial sem pré-tratamento
	5 – Aterro Industrial

2.3 Modelo concetual para implementação do conceito de economia circular

O conceito de economia circular introduz, na indústria, um novo paradigma e novas perspetivas para analisar e avaliar os ecossistemas industriais. Desta forma, ao adotar este conceito e o de simbiose industrial, o que se pretende é fechar os ciclos de utilização de recursos, reduzir as necessidades de matérias-primas e reduzir as quantidades que são desperdiçadas. Elia *et al.* (2017) propõem um modelo concetual para suportar a adoção do conceito de economia circular, composto por processos a monitorizar, ações envolvidas, requisitos a serem avaliados e níveis de implementação. Este modelo encontra-se representado na figura 2-1.

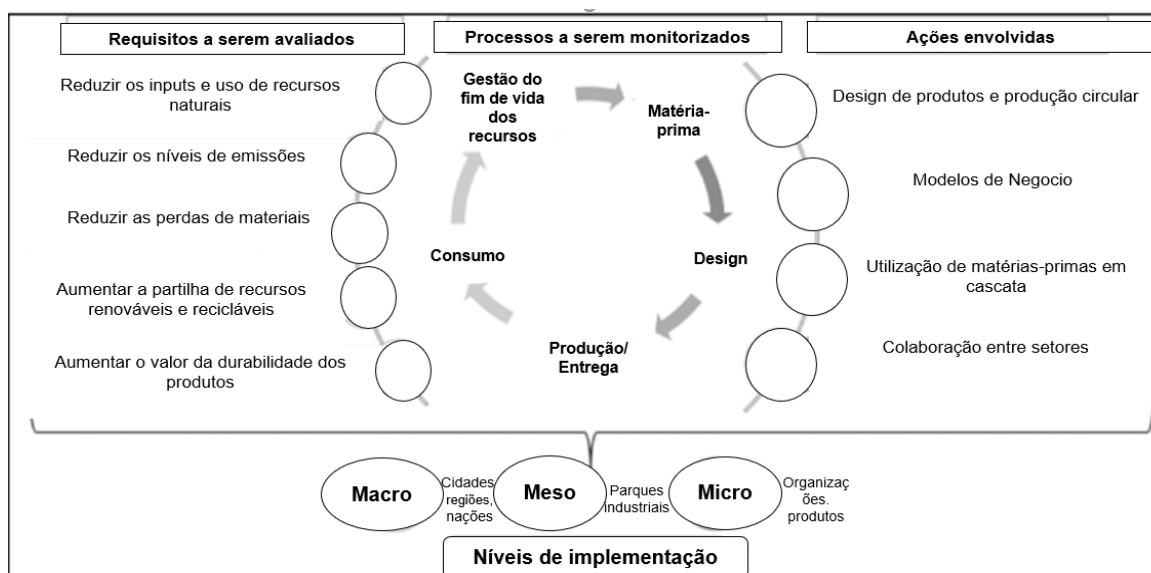


Figura 2-1 Modelo conceitual para adoção do conceito de economia circular
Adaptado Elia *et al.* (2017)

Nas próximas subseções serão exploradas as variáveis, identificadas no modelo anterior como essenciais para a implementação da economia circular e para a promoção da simbiose industrial, numa indústria.

2.3.1 Design de produtos e produção circular

A transição de negócios, de uma economia linear para uma economia circular, conduz a vários desafios práticos dentro das organizações. Desta forma, a questão que se coloca é “quais os designs de produtos e modelos de negócio a adotar, numa organização, para que a mesma possa implementar um modelo de economia circular?” (Bocken, de Pauw, Bakker, & van der Grinten, 2016).

Bocken *et al.* (2016) introduzem e diferenciam duas estratégias fundamentais para os ciclos de utilização de recursos estas estratégias correspondem, também, aos principais objetivos do design circular de produtos e produção circular:

- Atrasar os ciclos de utilização de recursos: através do design de bens com ciclos de vida maiores e extensão do tempo de vida dos produtos, isto é, ciclos de serviços que prologuem a vida dos produtos, por exemplo, através da reparação e reconstituição, resultando num atraso nos fluxos de recursos;
- Fechar os ciclos de utilização de recursos: através da reciclagem, o ciclo entre os resíduos e a produção é fechado, resultando num fluxo circular dos recursos.

Estes autores, diferem estas duas estratégias de uma terceira, cujo principal objetivo é reduzir os fluxos de recursos:

- Eficiência de recursos ou estreitamento do fluxo de recursos: o seu objetivo prende-se com a redução do número de recursos utilizado por produto. Uma das críticas a esta estratégia está relacionada com o facto de a mesma não ter em consideração uma dimensão temporal. A eficiência de recursos aceita a velocidade dos fluxos de utilização dos mesmos e pode, facilmente, levar a um aumento dos fluxos lineares dos recursos, que resultará em poupanças muito pouco notórias. Tendo em consideração que um dos principais objetivos do conceito de economia circular passa pela redução de custos e aumento de poupanças de uma organização, a estratégia relativa à eficiência de recursos não será destacada nesta dissertação.

Como já foi referenciado, um dos principais objetivos da economia circular é o fechar os ciclos de utilização de recursos e, de entre outros, esse é, também, um dos principais objetivos do design de produtos e produção circular. São distinguidas dois tipos de ações, dentro de um ciclo de utilização de recursos fechado (Stahel, 1982; 1994):

- Reciclagem de materiais: “A reciclagem dos materiais significa, apenas, fechar o ciclo entre resíduos e a produção. A reciclagem não influencia a velocidade dos fluxos dos materiais ou bens, na economia.”
- Reutilização de bens: “A reutilização de bens significa a extensão do período de utilização dos mesmos, através do design de produtos com um ciclo de vida maior. O resultado desta reutilização é um atraso nos fluxos de materiais, da produção para a reciclagem.”

2.3.2 Modelos de negócio

Os modelos de negócio definem a maneira como uma organização executa os seus negócios e estes modelos são vistos como importantes pilares para a inovação (Magretta, 2002). As escolhas dos modelos de negócio definem a arquitetura dos negócios e os possíveis caminhos de expansão mas, uma vez estabelecidos, as organizações encontram muitas dificuldades para os alterar (Teece, 2010). A implementação do conceito de economia circular é um exemplo de uma mudança radical no paradigma das organizações e promove novas maneiras de pensar e executar os negócios (Bocken *et al.*, 2016). Com o objetivo de desenvolver modelos de negócio que promovam a implementação dos conceitos de economia circular e simbiose industrial, seguidamente serão descritas propostas de estratégias de modelos de negócio a adotar, por uma organização.

Os modelos de negócio, com o objetivo de atrasar os ciclos de utilização de recursos, encorajam o desenvolvimento de produtos com um ciclo de vida longo e a reutilização de produtos e materiais, através sucessivas inovações nos seus modelos de negócios. Bocken *et al.* (2016) destacam três estratégias que promovem este tipo de modelos de negócio:

- 1) Modelo de acesso e performance, no qual se promove a capacidade de satisfazer os consumidores, sem necessidade de existência de produtos físicos. Resulta da combinação de produtos e serviços que procuram fornecer esta capacidade ou funcionalidade, para os consumidores, ao mesmo tempo que reduzem os impactos ambientais;
- 2) Modelo de extensão de valor do produto, no qual passa pela exploração do valor residual dos produtos, sem consumo de novos materiais e
- 3) Modelo clássico de ciclo de vida longo, onde são focados produtos com ciclos de vida longos, fabricados através de um design para a durabilidade e de fácil reparação.

A figura 2-2 mostra as estratégias de design e os modelos de negócio que devem ser implementados simultaneamente. Desta forma, os negócios, a implementar ou que já ocorrem na organização, devem ter um objetivo ou visão geral focada na “circularidade”.

Fechar os ciclos de utilização de recursos, em modelos de negócios inovadores, passa por capturar o valor daquilo que é considerado, em modelos de negócio lineares, como resíduos. Assim, distinguem-se dois modelos de negócio para fechar os ciclos de utilização de recursos (Bocken *et al.*, 2016): 1) modelos de extensão de valor de recursos, relacionados com métodos de abastecimento de materiais e recursos “desperdiçados”, de maneira a transformá-los em novas formas de valor e 2) modelos de simbiose industrial, que consistem na criação de valor a partir do “desperdício”.

Declarações e objetivos visionários	
Exemplo: Realizar desenhos circulares, desafiar a obsolescência e a insustentabilidade	
Estratégias de design de produtos circulares	Estratégias de modelos de negócio
Atrasar ciclos de utilização de recursos: -Design de produtos com ciclos de vida longos; -Design de produtos com extensão do ciclo de vida.	Atrasar ciclos de utilização de recursos: -Modelo de acesso e performance; -Modelo de extensão de valor do produto; -Modelo clássico de ciclo de vida longo
Fechar ciclos de utilização de recursos -Design para um ciclo tecnológico; -Design para um ciclo biológico; -Design para desmontagem e remontagem.	Fechar ciclos de utilização de recursos: -Modelos de extensão de valor de recursos; -Modelos de simbiose industrial

Figura 2-2 Estratégias de modelos de negócio e design de produtos circular, para atrasar e fechar ciclos de utilização de recursos

Adaptado de Bocken *et al.* (2016)

No âmbito desta dissertação, o modelo de negócio que prevalece será este último – relativo à simbiose industrial. A proposição de valor, neste tipo de modelo, está relacionada com a redução, no geral, de riscos e custos operacionais. Através de acordos com diferentes parceiros, com o objetivo de reduzir custos ao longo das cadeias de abastecimento, são propostas partilhas de serviços comuns e trocas resíduos, que podem ser reutilizados e valorizados. O valor destes modelos de negócio pode ser capturado através de redução de custos e potencial criação de novas linhas de negócio, baseadas em fluxos de resíduos (Bocken *et al.*, 2016). Poderá, no entanto, nestes modelos de negócio, ser necessário incluir outros produtos, para além dos produtos principais produzidos numa organização.

2.3.3 Colaboração entre setores

Esta variável incentiva colaborações ao longo da cadeia de valor de uma organização, através da introdução de novos participantes, que podem aproveitar materiais (nomeadamente, resíduos processuais) de uma linha de produção, de uma determinada organização. Isto é, estes resíduos processuais vão entrar na cadeia de valor de uma outra organização (não necessariamente do mesmo setor de atividade da organização produtora dos resíduos) como matéria-prima secundária, contribuindo para uma efetiva implementação do conceito de simbiose industrial (Elia *et al.*, 2017).

De acordo com Spezza & Borbely (2013) consideram o principal objetivo da colaboração entre setores é alcançar um impacto coletivo, cuja estrutura passa por: uma agenda comum, comunicação contínua, avaliação compartilhada, atividades de reforço mútuo e organizações de suporte. É necessário identificar e compreender todas as partes interessadas (denominadas por *stakeholders*) numa organização, uma vez que, a colaboração entre setores exige uma coordenação mais rigorosa entre os diversos *stakeholders*. Cada um realiza as atividades para as quais são destacados, de maneira a complementarem as ações uns dos outros. Estes autores propõem alguns passos comuns, que todas organizações que pretendam promover a colaboração entre setores, devem seguir, nomeadamente:

- **Definir um plano estratégico:** inicialmente, deve definir-se um plano estratégico formal para iniciar o processo de colaboração. Este plano estratégico pode, ao longo do tempo, ser adaptado às necessidades das organizações. Porém, deve ser continuamente utilizado para garantir que todas as atividades e objetivos definidos são implementados com sucesso. Um exemplo de uma ação, que contribui para a implementação deste passo, consiste em reuniões contínuas entre as organizações (estabelecidas entre as mesmas);
- **Partilha de objetivos e agendas:** as partilhas de objetivos, metas e prazos são definidas, claramente, no plano estratégico. A sua função é fornecer um sistema, onde os membros inseridos conseguem ter acesso às atividades que são mais relevantes, para cada um;
- **Comunicação contínua:** devem existir reuniões regulares entre membros da administração, gestores e equipas multidisciplinares, pertencentes às várias organizações, de forma a contribuir para a confiança e colaboração entre as mesmas;
- **Utilização das especialidades dos vários setores:** se para cada organização, de cada setor, forem identificadas as atividades ou processos em que cada um é especialista, isto faz com que, se existir uma organização a trabalhar numa estratégia específica, os seus colaboradores têm a oportunidade de, rapidamente, pedir ajuda a outra organização que seja especialista naquela área;
- **Partilha de fundos:** ao existirem colaborações entre setores, os investidores compreendem que muitas das soluções, para determinados setores, passam pela interação de várias organizações e, como tal, existe a partilha de fundos e de investimentos entre organizações.

Ainda de acordo com Spezza & Borbely (2013), para avançar com qualquer colaboração entre setores, deve conduzir-se um processo compreensivo de colaborações cruzadas. Com (potenciais) parceiros, começar no ponto de partida mais básico: qual é a maior necessidade ou prioridade a ser realizada? De seguida, devem ser identificados os recursos e estratégias existentes, para ir de encontro à satisfação dos requisitos e necessidades das organizações. Ao serem consideradas diferentes perspetivas, recursos e áreas de especialidade, podem ser desenvolvidas estratégias entre setores, que garantam um impacto coletivo benéfico. Existe, também, a necessidade de perceber quais os recursos e investimentos/fundos existentes,

atualmente, em cada setor. É importante concluir como é que esses recursos e fundos podem ser aplicados, de uma maneira coletiva, direta e indiretamente. Ao aplicar esta técnica de colaboração entre setores, para além dos benefícios coletivos entre organizações, a mesma potencializa a geração de conexões inovadoras entre diversos parceiros.

2.3.4 Utilização de matérias-primas em cascata

A utilização de recursos em cascata é uma estratégia para utilização de matérias-primas, como por exemplo a madeira e outras biomassas, através de passos cronológicos e sequenciais, de uma forma tão prolongada, regular e eficiente quanto possível, para os materiais e só recupera a energia dos mesmos, no final do ciclo de vida do produto. A utilização de matérias-primas em cascata vai contribuir para aumentar a eficiência de recursos e, consequentemente, reduzir a pressão sobre o meio ambiente (Dammer *et al.*, 2016), aumentando o valor acrescentado do produto final.

Este conceito deve ser quantificável pois deve permitir medir a sua contribuição para a eficiência de recursos utilizados em cascata e comparar resultados de diferentes políticas de ação. Desta forma, a definição que mais se aproxima do descrito anteriormente é definição publicada por Carus *et al.* (2014), num projeto de utilização em cascata para a Agência Ambiental Alemã:

- **Utilização em cascata:** o uso em cascata da matéria-prima ocorre quando esta é transformada num produto final e este produto final é utilizado, pelo menos uma vez mais, como material ou energia.
- **Cascata em estágio único:** o uso em cascata da matéria-prima é descrito como estágio único, quando o produto final é utilizado diretamente para energia.
- **Cascata em estágio múltiplo:** o uso em cascata da matéria-prima é descrito como estágio múltiplo, quando a matéria-prima é processada num produto final e é utilizada, pelo menos mais uma vez, como material. Isto significa que, para ser considerado uma cascata de estágio múltiplo, duas utilizações de materiais devem ter ocorrido, antes da utilização de energia.

É também de salientar, que a utilização em cascata e a eficiência de recursos são dois conceitos diferentes. A eficiência de recursos trata-se de um conceito abrangente, enquanto que a utilização em cascata é uma abordagem para alcançar a eficiência de recursos, através do aumento da utilização da matéria-prima nas diferentes cadeias de materiais. A eficiência de utilizar um recurso, também pode ser ampliada, através de uma utilização otimizada de subprodutos e resíduos (Dammer *et al.*, 2016).

2.4 Análise da rede de valor de *stakeholders*, no processo de simbiose industrial

2.4.1 Definição de stakeholder

Para desenvolvimento e integração do conceito de simbiose industrial é necessária a criação de uma rede de *stakeholders*, ou seja, partes interessadas no processo. Por *stakeholders*, segundo Hein *et al.* (2017), entendem-se todos os participantes que têm interesse e possibilidade de influência, no processo de simbiose industrial. Formalmente, a definição de *stakeholders* engloba qualquer participante, grupo ou indivíduo, que pode afetar e ser afetado pela concretização dos objetivos e metas, de uma organização (Freeman, 1984). No caso específico da simbiose industrial, esta definição pode ser adaptada para qualquer participante, grupo ou indivíduo, que pode afetar ou ser afetado, pela criação, manutenção e ampliação da rede de simbiose industrial (Hein *et al.*, 2017).

O processo de simbiose industrial envolve, tradicionalmente, várias indústrias distintas, numa abordagem coletiva, que visa alcançar vantagens competitivas, através da troca de materiais, energia, água e subprodutos (Chertow, 2000). Este processo traz benefícios a vários níveis, nomeadamente, a nível económico, ambiental e social (Hein *et al.*, 2017).

No processo de simbiose industrial, Hein *et al.* (2017), distinguem duas formas principais de colaboração. A primeira acontece entre participantes que estão diretamente envolvidos, ou planeiam estar envolvidos, em trocas de recursos. Estes participantes são designados por “parceiros de simbiose”. Por outro lado, existe uma segunda forma de colaboração mais indireta, no entanto, necessária para que os “parceiros de simbiose” consigam estabelecer relações entre si. Esta segunda forma de colaboração diz respeito aos participantes que têm um papel de facilitadores da simbiose industrial, uma vez que apesar de não existir uma troca direta de recursos, estes participantes estabelecem relações de confiança entre os restantes participantes da rede, facilitam e permitem a troca de informação (Hein *et al.*, 2017). Estes participantes indiretos representam associações, centros de investigação, governo, etc.

2.4.2 Atributos da rede de valor

A rede de valor de simbiose industrial é definida por todos os participantes que têm um papel ativo na mesma e que interagem entre si, trocando valor direta ou indiretamente, através da partilha de recursos ou através de trocas de informações e conhecimentos. Por valor entende-se qualquer ação benéfica para o participante que a pratica. Nesta dissertação, para analisar a rede de valor é adaptada a abordagem de análise de rede de valor de *stakeholders*, aplicada por Hein *et al.* (2017).

No sentido de analisar a importância de cada *stakeholder*, é necessário identificar a presença ou ausência dos atributos: poder, legitimidade e urgência (Mitchell, Wood, & Agle, 1997):

- **Poder:** a maioria das definições utilizadas para definir este atributo derivam da definição que poder é a probabilidade que um participante tem, dentro de uma relação social, de estar em condições onde consegue satisfazer a sua própria vontade, apesar da existência de alguma resistência, por outras partes. O poder pode ser um atributo difícil de se definir mas não existe dificuldade em reconhecê-lo, uma vez que é a “habilidade daqueles que possuem poder de produzir os resultados que desejam”.
- **Legitimidade:** pode ser definida como sendo “uma percepção ou suposição generalizada, de que as ações de uma entidade são desejáveis, adequadas ou apropriadas, dentro de um sistema socialmente construído com base em normas, valores, crenças e definições”. Assim sendo, a legitimidade é um bem social e, como tal, pode ser definida e analisada em diferentes níveis, dentro de uma organização social.
- **Urgência:** segundo a definição que consta no dicionário de Merriam-Webster, urgência é definida como “pedido de atenção imediato” ou “insistência”. Este atributo, juntamente com sinónimos como “imperativa”, “motivadora” e “convincente”, existe, apenas, quando duas condições são satisfeitas: quando uma relação ou reivindicação é de natureza sensível ao tempo (sensibilidade temporal) e quando essa relação ou reivindicação é crítica para um dos *stakeholders*.

2.4.3 Análise da rede de valor

Para a análise de relevância a efetuar aos *stakeholders*, o atributo relativo à “legitimidade” é omitido, uma vez que existem autores que contestam o facto deste atributo ser considerado relevante, neste tipo de análise (Frooman, 1999). Alguns autores ampliaram a teoria dos *stakeholders*, baseando e interligando o atributo “poder” com relações de dependência de recursos. A teoria dos *stakeholders* baseia-se na teoria de dependência de recursos (Hein *et al.* 2017) e, nesta dissertação, a análise dos *stakeholders* tem como base a teoria da dependência de recursos.

Assim, neste contexto, torna-se importante clarificar a definição de recurso. “Recurso” é “essencialmente tudo o que um participante na rede de valor, considere como valioso” (Frooman, 1999). O poder de um participante relativamente a um recurso depende: da urgência (sensibilidade temporal e criticidade) (Mitchell *et al.*, 1997) da necessidade de outro participante nesse recurso; da natureza do recurso (Hein *et al.*, 2017) e da disponibilidade de outros recursos alternativos (recursos substitutos) (Frooman, 1999).

A área da gestão estratégica que retrata as relações entre os *stakeholders* e uma organização focal, organização que tem o papel de conduzir estudos de viabilidade, negociações e coordena a implementação e operacionalização da simbiose, é denominada como “teoria dos *stakeholders*” (Hein *et al.*, 2017). Normalmente, estas relações são representadas num modelo específico, que apenas considera as relações diretas, entre a organização focal e os seus *stakeholders*. Frooman (1999) estendeu e completou este modelo

de relações entre *stakeholders*, por considerar que um modelo, que só representa as relações diretas, é insuficiente para demonstrar a riqueza das interações reais, que vão para além das relações diretas (Hein *et al.*, 2017). Em relações mais generalizadas, a organização focal e os seus *stakeholders* podem influenciar-se indireta e mutuamente, através de acordos (Hein *et al.*, 2017). Desta forma, Frooman (1999) adicionou ao modelo já existente, as relações indiretas entre os *stakeholders* e a organização focal.

A análise de *stakeholders* é um processo que (Hein *et al.*, 2017): define aspetos de um fenómeno natural e social, afetado por decisões e ações; identifica indivíduos, grupos e organizações, que são afetadas ou que podem afetar partes do fenómeno e prioriza estes indivíduos e grupos, para envolvimento no processo de tomada de decisão.

Existem vários estudos, já efetuados, com vários métodos, para analisar *stakeholders*. Nesta dissertação só são considerados os métodos de análise que, para além das relações diádicas entre *stakeholders*, relações entre grupos de duas pessoas, consideram, também, aspetos relacionados com o atributo – poder, uma vez que é importante ter em consideração como é que os participantes na rede de valor podem exercer poder e influência, uns sobre os outros, direta e indiretamente. Um dos métodos mais recentes é a abordagem da rede de valor de *stakeholders*, que se baseia na conjugação da teoria de trocas sociais e na teoria de dependência de recursos (Hein *et al.*, 2017). Este método foca-se nos recursos que são trocados entre a organização focal e os seus *stakeholders* e o atributo “poder” é utilizado no sentido restrito dos recursos que estão sujeitos a trocas. Esta abordagem permite identificar as relações diádicas mais importantes e mais complexas, juntamente com os recursos trocados, ao longo da rede de *stakeholders* (Hein *et al.*, 2017).

2.5 Instrumentos europeus legais e políticos de suporte à simbiose industrial

Atualmente, a Comissão Europeia tem vindo a dar destaque à temática da economia circular e, consequentemente, às suas estratégias. Existem vários instrumentos legais e políticas que podem incentivar ou inibir as práticas relativas à simbiose industrial.

Apesar de ser uma temática em destaque, existem várias barreiras impostas por instrumentos e políticas legais, à implementação do conceito de simbiose industrial e suas práticas. Watkins *et al.* (2013) enumeram um conjunto de instrumentos legais e políticas específicos da União Europeia, relacionados com a simbiose industrial, as potenciais barreiras que esses mesmos instrumentos apresentam e iniciativas de como ultrapassá-las, como se apresenta nas tabelas 2-3 e 2-4.

Os estudos sobre este tema sugerem que, para superar as potenciais barreiras institucionais e as lacunas específicas, são necessários novos pensamentos, mais globais, compreensivos, coerentes e entre vários setores. É necessária a criação de um ambiente favorável através de incentivos, políticas, regulamentos e impostos adequados, bem como, orientações técnicas consistentes sobre a eficiência do material, responsabilidade do produtor e uma abordagem mais inovadora, acerca das licenças ambientais. Deve ser dada mais

atenção à legislação, normas e inovações baseadas em produtos, para evitar a criação de resíduos e incentivar a reciclagem e recuperação dos mesmos, quando isso for inevitável (Watkins *et al.*, 2013).

Tabela 2-3 Políticas e estratégias da EU, identificação de potenciais barreiras e sugestões para ultrapassar as mesmas
Adaptado de Watkins *et al.* (2013)

Políticas e estratégias da EU	Identificação de potenciais barreiras institucionais	Sugestões para ultrapassar as barreiras institucionais
Políticas integradas de produtos (IPP)	Falta de orientação sobre a implementação de abordagens abrangentes e relacionadas com os ciclos de vida dos produtos.	Novo foco institucional no pensamento acerca do ciclo de vida e, particularmente, no desempenho ambiental dos produtos ao longo de todo o seu ciclo de vida.
Estratégias de desenvolvimento sustentável	Falta de orientação sobre a conceção e a implementação de abordagens integradas, coerentes e intersectoriais, para o desenvolvimento de um design sustentável.	Mudanças institucionais para integrar princípios de sustentabilidade, na formulação de políticas e regulamentação mais coerente.
Política industrial integrada (IIP)	Não existe informação sobre as medidas práticas para abordar o valor total e a cadeia de abastecimento, de uma forma integrada.	Criação de instituições de apoio, a nível local, para criação de medidas que integram todo o valor e cadeia de abastecimento, com ênfase na reciclagem e eficiência de materiais e energia.
Ecodesign	Não existe informação sobre as medidas para priorizar a performance ambiental dos produtos durante o seu ciclo de vida (perspetiva do ciclo de vida).	Criação de instituições, a nível local, para criar medidas que apliquem a perspetiva do ciclo de vida, abrangendo todo o ciclo de vida do produto.
Estratégia temática sobre prevenção e reciclagem de resíduos	Falta de orientação sobre: a aplicação do pensamento do ciclo de vida, na gestão de resíduos e na abordagem do ciclo de vida de recursos e materiais; padrões mínimos para atividades de reciclagem e materiais reciclados e informações sobre a utilização de resíduos, como recursos valiosos para serem reciclados e reutilizados e em formas de evitar o aterro sanitário.	Desenvolvimento institucional para estabelecer: padrões de qualidade (que abrange, por exemplo, normas mínimas para atividades de reciclagem e materiais reciclados) para reciclagem e para promover a procura e a aceitação de materiais reciclados e a direção dos fluxos de resíduos para a reciclagem e reutilização; e o pensamento e as abordagens do ciclo de vida (foco na gestão de resíduos).

Tabela 2-4 Instrumentos legais da EU, potenciais barreiras e sugestões para ultrapassar as mesmas
Adaptado de Watkins *et al.* (2013)

Instrumento legal	Identificação de potenciais barreiras institucionais	Sugestões para ultrapassar as barreiras institucionais
Regulação REACH (Registo, Avaliação, Autorização e Restrição de químicos)	Falta de orientação sobre as possíveis implicações para a indústria (por exemplo, possíveis fluxos de resíduos em massa, com potencial para serem utilizados para a produção dos produtos)	Estado institucional claro dos fluxos de resíduo de maior volume que, provavelmente, serão utilizados como matérias-primas (transformação da indústria de processos de composição estável); Baixo volume, baixo teor de resíduos baseados em produtos como "artigos"
Diretiva do Quadro de Resíduos (WFD)	Falta de orientação sobre as implicações práticas da legislação e critérios de fim de resíduos – <i>End of Waste (EoW)</i> , para produtos de simbiose (sistemas de produtos com múltiplos fluxos de resíduos); Hierarquia de resíduos (foco no pensamento do ciclo de vida e priorização da prevenção da geração de resíduos e reciclagem/recuperação de operações sobre a eliminação).	Desenvolvimento de instituições que promovam uma implementação efetiva de uma "sociedade de reciclagem", englobando um maior desenvolvimento da legislação e critérios de <i>EoW</i> para produtos de simbiose (por exemplo, o estado de <i>EoW</i> , numa operação de recuperação, que engloba o uso de múltiplas substâncias como matérias-primas secundárias) e mais ênfase nas abordagens de ciclo de vida e sustentabilidade global.
Diretiva de Emissões Industriais (IED)	O IED concentra-se nas operações das instalações industriais (redução de emissões) e não nos seus produtos, apesar dos resíduos óbvios e dos aspetos ambientais associados aos produtos; Falta de orientação sobre: as implicações práticas de uma abordagem integrada que abrange a eficiência material (matérias-primas), gestão de resíduos, emissões e eficiência energética; a obrigação geral do operador das instalações, de avançar com reciclagem e prevenção de resíduos (de acordo com a WFD) e como abordar o desempenho ambiental de uma planta industrial como um todo, em licenças ambientais.	Maior orientação sobre a eficiência dos materiais, recursos e energia, no âmbito da IED - ou seja, orientação técnica adicional, sobre as melhores técnicas disponíveis para a eficiência de recursos, materiais e energia e minimização de resíduos; Desenvolvimento de configurações institucionais para: uma abordagem integrada, que abrange claramente a eficiência material (matérias-primas), gestão de resíduos, emissões e eficiência energética; procedimentos de reciclagem e prevenção de resíduos (de acordo com a WFD) para o operador das instalações e desempenho ambiental de uma planta industrial, como um todo para licenças ambientais.

2.6A transição para a bioeconomia

A bioeconomia é um conceito que tem vindo a ter, na última década, mais notoriedade. Desde então foi desenvolvido, tendo origem nos setores de base florestal, para integrar desafios e oportunidades, em vários setores, na medida em que pode permitir ultrapassar algumas das suas barreiras tradicionais (Pätäri, Tuppur, Toppinen, & Korhonen, 2016).

De acordo com Sisto, van Vliet, & Prosperi (2016), a bioeconomia representa um grande desafio que aborda, em geral, questões de desenvolvimento rural ligadas a fatores como: crescimento económico sustentável, escassez de recursos naturais, segurança alimentar, dependência de recursos fósseis e mudanças climáticas.

A Comissão Europeia (2017b) definiu a bioeconomia como “a produção de recursos biológicos renováveis e a conversão desses recursos e fluxos de resíduos, em produtos de valor agregado, como alimentos, produtos de base bio e bioenergia”. Estando a Europa a definir um novo rumo, com o objetivo de alcançar uma economia mais sustentável e eficiente, em termos de utilização de recursos, o conceito de bioeconomia torna-se importante de explorar. O principal objetivo da Europa passa por uma economia mais inovadora e com menos emissões, conciliando a procura no setor agrícola e pecuário, com a segurança alimentar e a utilização sustentável dos recursos biológicos renováveis para fins industriais, enquanto se garante a biodiversidade e a proteção ambiental (European Commission, 2017b).

Para conseguir atingir este objetivo, a Comissão Europeia definiu uma estratégia de bioeconomia e o respetivo plano de ação, que se centra em três aspetos fundamentais (European Commission, 2017b):

- Desenvolvimento de novas tecnologias e processos para a bioeconomia;
- Desenvolvimento de mercados e competitividade nos setores da bioeconomia;
- Desenvolvimento de estratégias que façam com que os políticos e as partes interessadas trabalhem mais em conjunto.

Lançada e posta em prática, em 2012, a estratégia bioeconómica europeia engloba a produção de recursos biológicos renováveis e a sua transformação em produtos vitais e bioenergia, sendo o principal objetivo desta estratégia, a simplificação das abordagens políticas existentes nesta área (European Commission, 2017a). Esta estratégia propõe algumas respostas aos desafios que a Europa e o mundo enfrentam atualmente, como (European Commission, 2017a):

- População crescente que precisa de ser alimentada;
- Escassez e esgotamento de recursos naturais;
- Impactos crescentes relativos às pressões ambientais;
- Alterações climáticas.

Assim, é necessário que a Europa altere, radicalmente, a sua abordagem à produção, consumo, processamento, armazenamento, reciclagem e eliminação dos recursos biológicos.

Esta estratégia é, também essencial, para garantir que os combustíveis fósseis possam ser substituídos por alternativas naturais sustentáveis, apelando a novas abordagens a partir da inovação, investigação e apoiando a liderança científica e tecnológica, para impulsionar melhorias tangíveis no bem-estar social, económico e ambiental da Europa (European Commission, 2017a).

Os avanços na investigação deste tipo de economia e as inovações permitirão à Europa melhorar a gestão dos seus recursos biológicos renováveis e abrirão novos e diversificados mercados de produtos alimentares e biológicos. O estabelecimento de uma bioeconomia possui um grande potencial, no sentido em que permite manter e criar crescimento económico e postos de trabalhos, reduzir a dependência de combustíveis fósseis e melhorar a sustentabilidade, económica e ambiental, das indústrias de produção e de processamento (European Commission, 2017a).

No entanto, para canalizar esforços neste sentido, a Europa precisa de um quadro reforçado de políticas, que reúna áreas de diferentes disciplinas científicas, áreas de políticas e partes interessadas, incluindo pessoas comuns que se preocupam e que estão envolvidas na bioeconomia (European Commission, 2017a).

O Presidente Juncker identificou, na sua Agenda para Empregos, Crescimento, Justiça e Mudança Democrática, dez prioridades fundamentais, nas quais o conceito de bioeconomia é central a três delas (European Commission, 2017b). Estas três prioridades, para as quais a bioeconomia contribui, apresentam-se esquematicamente na figura 2-3.

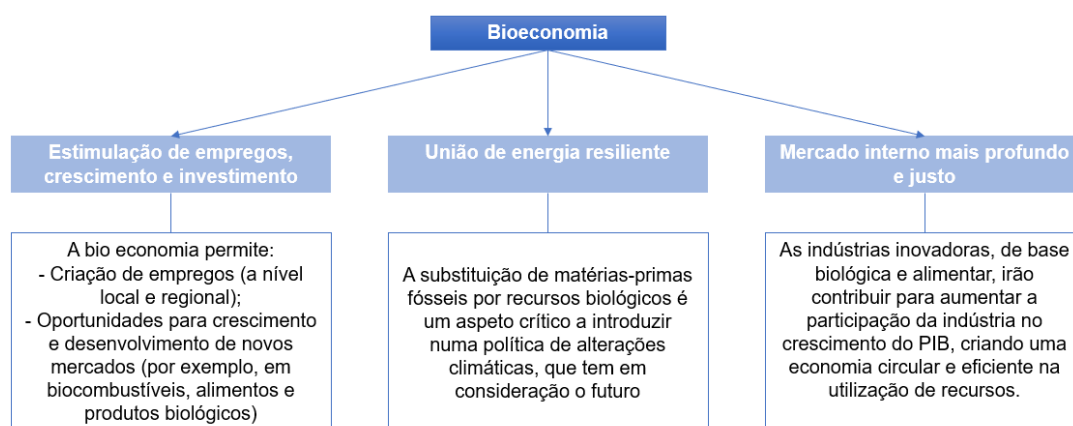


Figura 2-3 Representação das prioridades que são motivadas pela bioeconomia

Em Março de 2011, a Comissão Europeia apresentou um roteiro para uma economia de baixo carbono, no horizonte 2050. Neste contexto, iniciou-se, na União Europeia, a análise de possíveis medidas para transformar a economia atual, numa economia com menos impacto no clima e onde se consuma menos energia, especialmente em setores como o industrial, o energético, o da construção e o da agricultura (APA, 2012). Estas medidas endereçam a estratégia bioeconómica que, por sua vez, facilita e promove a implementação do conceito de economia circular.

Um exemplo de uma boa prática bioeconómica é a utilização de biomassa para produção de energia. Uma economia baseada na utilização da biomassa, ao invés de combustíveis fósseis, representa uma mudança significativa a nível socioeconómico, agrícola, energético e técnico (McCormick & Kautto, 2013). A nível nacional, em Portugal, o setor da pasta, papel e cartão é um dos setores que mais se destaca nesta temática, através da utilização de biomassa para produção de energia térmica e elétrica. Neste setor, os biocombustíveis continuam a representar uma fração significativa dos combustíveis consumidos, representando cerca de 70% do total. O principal destes combustíveis é o licor negro – subproduto da produção de pasta, que representou em 2017, cerca de 85% dos biocombustíveis consumidos

(CELPA, 2017). Na figura 2-4, encontra-se representado o consumo de biocombustíveis, no setor da pasta, papel e cartão, desde 2008 até 2017.

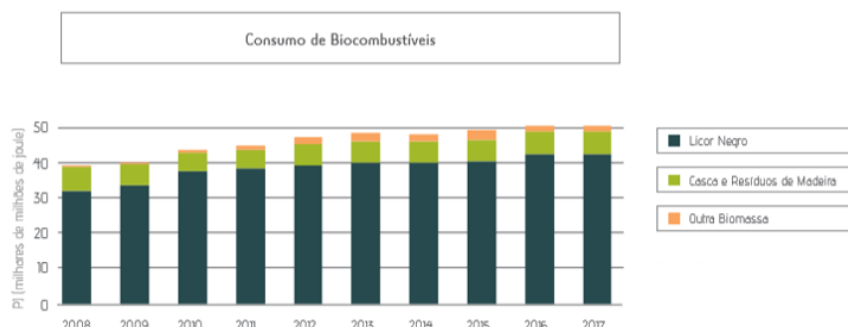


Figura 2-4 Evolução no consumo de biocombustíveis, no setor da pasta, papel e cartão
Fonte: CELPA (2017)

A nível mundial, a indústria de base florestal é um bom exemplo do desenvolvimento do conceito de bioeconomia, através da utilização em cascata da madeira: as fibras da madeira são utilizadas/reutilizadas, várias vezes, em diferentes processos e quantidades importantes de madeira e papel são recuperados e reciclados (Scarlat, Dallemand, Monforti-Ferrario, & Nita, 2015).

A oferta de biomassa lenhosa, na União Europeia, foi calculada em 994 milhões de m³, considerando utilizações múltiplas de madeira, resíduos industriais e material reciclados de produtos de madeira. Deste valor, 457 milhões de m³ de madeira foram utilizados para produzir materiais, na União Europeia em 2010, dos quais: 142 milhões de m³ foram para a produção de pasta e papel e 315 milhões de m³ foram utilizados para produzir produtos de madeira (Scarlat *et al.*, 2015). Quantidades significativas de resíduos de madeira são gerados e reciclados, durante o processamento da madeira, que são reutilizados para produzir vários produtos (madeira, celulose e papel) e gerar energia (Mantau, 2012). No final do ciclo de produção, cerca de 60% da madeira utilizada no processamento de madeira é utilizada para geração de energia (esquemáticamente representada na figura 2-5) (Scarlat *et al.*, 2015) .

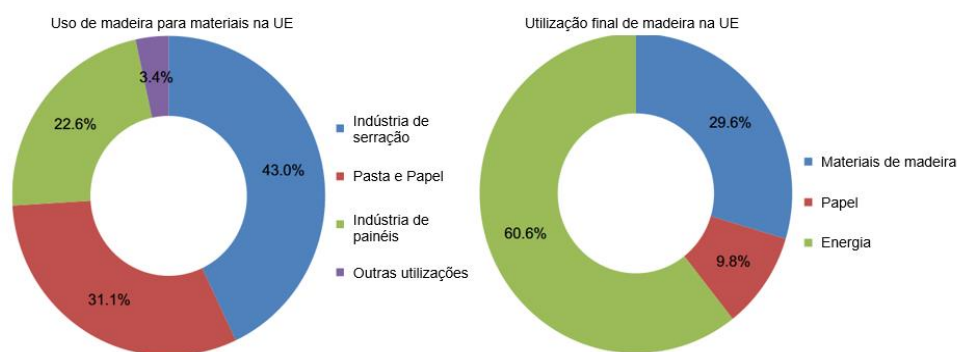


Figura 2-5 A utilização de madeira na União Europeia
Fonte: Mantau (2012)

3 O setor da pasta, papel e cartão

A indústria da pasta, papel e cartão produz uma elevada variedade de produtos, desde o papel doméstico, ao papel de embalagem, papel de impressão e escrita, papel de uso doméstico e de embalagem, papel de jornal (Li & Ma, 2015), entre outros. A poupança de energia e a proteção ambiental têm sido alvos de preocupação pública no mundo e, desta forma, a indústria da pasta, papel e cartão enfrenta grandes desafios. Torna-se, então, importante perceber o funcionamento deste tipo de indústria.

3.1 Caracterização do setor pasta, papel e cartão e processo de fabrico

A indústria papelreira representa o setor da pasta, papel e cartão e todas as atividades inerentes ao mesmo, desde a produção de matérias-primas (produção florestal) até ao tratamento dos produtos no fim do ciclo de vida (reciclagem ou valorização energética de resíduos) (CELPA, 2016).

Em Portugal, a indústria papelreira é representada pela CELPA - Associação da Indústria Papeleira, que por sua vez representa os maiores proprietários e gestores da floresta portuguesa, gerindo cerca de 200 mil hectares de área funcional (CELPA, 2016).

Para além da atividade principal de produção de pasta, papel e cartão, os associados da CELPA estendem as suas ações para várias áreas, como:

- Viveiros florestais;
- Gestão das áreas florestais;
- Abastecimento de madeira;
- Captação, tratamento e rejeição de água;
- Produção de energia;
- Recuperação de químicos;
- Separação e tratamento de resíduos sólidos;
- Recuperação de papéis;
- Controlo de processo e qualidade;
- Inovação e Desenvolvimento (I&D).

Relativamente ao processo de fabrico, a principal fonte de matéria-prima para produzir uma gama de produtos, no setor da pasta, papel e cartão é a madeira, que provém, maioritariamente, do *Eucalypto Globulus*, recolhida nos complexos industriais do setor (Fraga, 2017). A madeira, os produtos de madeira e os seus subprodutos são utilizados, também, para fins energéticos (a designada “energia verde”), como por exemplo, combustíveis. Na figura 3-1 está esquematicamente representado, o processo de fabrico deste setor.

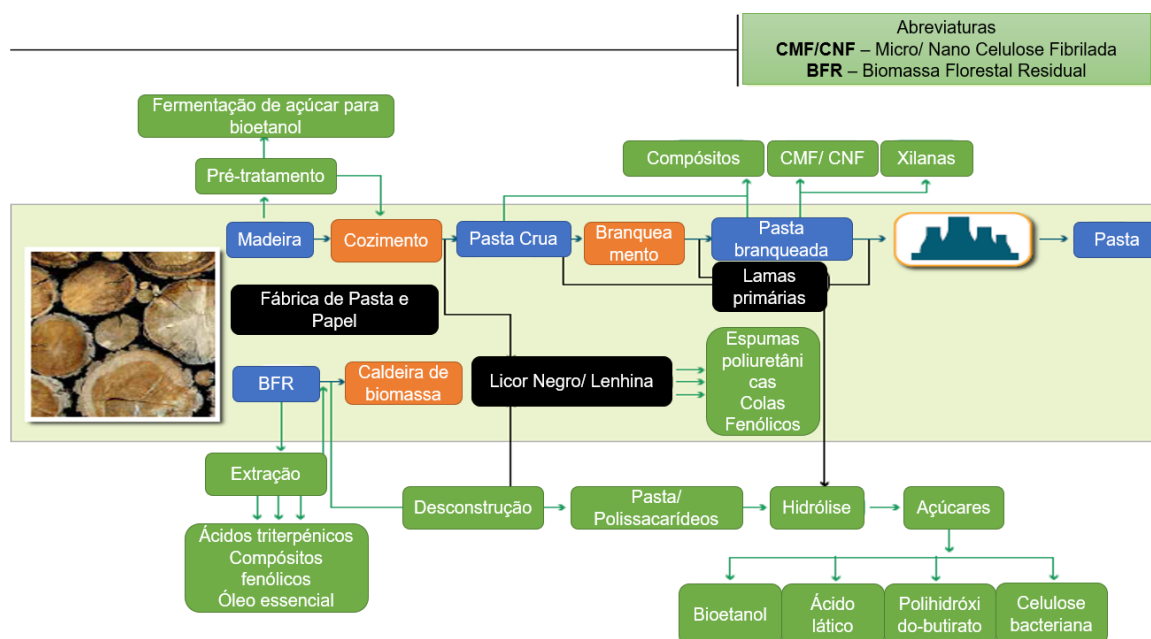


Figura 3-1 Processo do produtivo do setor da pasta, papel e cartão
 Fonte: CELPA (2017)

A matéria-prima (madeira, também designada por “rolaria”) é recebida e descascada num “descascador”. Seguidamente, passa por um processo de lavagem e é destrozada num “tritador”. Nesta fase do processo, a madeira descascada é triturada em “aparas” ou “cavacos”. A casca removida é, depois, triturada, com o objetivo de alimentar uma caldeira de produção de vapor, para posterior produção de eletricidade. Os resíduos de madeira que estão contaminados (correspondem a uma pequena percentagem) são depositados num aterro controlado. Seguidamente, a madeira vai para um processo de crivagem – processo onde é separada. Aqui é dividida em: aparas aceites (que vão para a fase de produção de pasta), aparas de dimensões superiores às aquelas que são pretendidas e aparas de dimensões inferiores (que vão ser utilizadas para produção de energia) (Fraga, 2017).

Para o processo produtivo de pasta, papel e cartão é necessário separar o material fibroso (celulose) do material não fibroso (lenhina). O material fibroso é o material necessário para produzir pasta, enquanto que o material não fibroso é aproveitado para produção energética (Fraga, 2017). O processo de produção que é, maioritariamente, utilizado neste setor e que permite a separação do material fibroso e do material não fibroso, é o processo *kraft* (forte) (The Navigator Company, 2018).

Após a produção de pasta, esta é encaminhada para a máquina de papel, passando pelos processos (The Navigator Company, 2018):

- **Formação da folha:** a pasta previamente tratada e diluída é enviada para a “caixa de chegada”, que a distribui a uma velocidade constante sobre uma teia. Seguidamente, inicia a sua transformação numa folha contínua, por eliminação da água, peça ação combinada da gravidade com a sucção e com o vácuo;

- **Prensagem:** esta fase que constitui a segunda zona da máquina de papel, continua a extração da água, por meio de uma compressão da folha húmida aliada a uma ação de vácuo. Após esta fase estar completa, não existe mais nenhuma possibilidade de extrair, por meios mecânicos, água à folha;
- **Secagem:** fase onde é retirada, por aquecimento com cilindros de vapor, a maior parte da humidade residual da folha de papel. Quando a secagem está adiantada, é aplicada à folha uma solução de amido, para melhorar as suas características de acabamento e impressão;
- **Passagem pelo enrolador:** a folha de papel é recolhida sob a forma de uma bobina, de grandes dimensões e com a largura do enrolador, designando-se por Rolo Jumbo.

Estudos recentes sugerem que uma procura constante e crescente por materiais e energia, pode levar a uma queda na oferta de madeira, na próxima década. O uso mais eficiente deste recurso, potencializa um combate ao decréscimo na oferta e permite aumentar a disponibilidade do mesmo, através da utilização em cascata desta matéria-prima (Vis, Mantau, & Allen, 2016) (exemplificada no setor da pasta e do papel na figura 3-2).



Figura 3-2 A cascata de utilização do papel
Fonte: Grupo Soporcel (2015)

Em Portugal, a Direção-Geral de Energia e Geologia (DGEG) é a entidade do governo português responsável pela conceção, promoção e avaliação de políticas relativas aos recursos geológicos, com vista ao desenvolvimento sustentável e à segurança do fornecimento de energia (DGEG, 2007). A DGEG define “biomassa” como toda a matéria orgânica, que é de origem vegetal ou animal e que pode ser utilizada como fonte de energia. Os resíduos, incluindo subprodutos florestais e resíduos industriais, são alguns dos tipos de biomassa utilizados para fornecer energia.

Não existe, ainda, uma definição concordante sobre o conceito da utilização de matérias-primas em cascata, embora existam elementos e fatos comuns nos diferentes entendimentos conceituais acerca do tema. Segundo Dammer *et al.* (2016), os conceitos e definições existentes diferem uns dos outros relativamente ao tipo de biomassa que é incluída. O principal objetivo da utilização de matérias-primas em cascata passa por maximizar o valor dos produtos, no sentido de alcançar a maior eficiência na utilização de recursos. No entanto, este conceito deve estar em conformidade com a legislação europeia, relativamente a resíduos e com futuras estratégias relacionadas com o conceito de economia circular.

Ainda de acordo com Dammer *et al.* (2016), não se deve considerar o uso direto de energia de qualquer biomassa primária como utilização em cascata, uma vez que o uso de energia implica o fim automático de qualquer ciclo de vida e a indisponibilização do recurso, no sistema. Assim, se o primeiro uso da biomassa for sobre a forma de energia, um ciclo em cascata não poderá começar. Por exemplo, se a madeira é utilizada para produzir móveis de madeira e as aparas de madeira resultantes desta produção, como subprodutos, são incineradas para produzir energia, a utilização deste subproduto não faz parte da utilização em cascata porque a biomassa é utilizada diretamente como energia. No entanto, se as aparas de madeira forem transformadas em placas de partículas, funcionam como ponto de partida para uma cascata.

3.2 Transição para uma bioeconomia

Num estudo desenvolvido por Toppinen *et al.* (2017), foi levantada a questão sobre como materializar a transformação no sector da pasta e do papel, em direção a uma bioeconomia e quais os esforços a realizar para inovações verdes. Foi, também, discutido o potencial para criação de valor em 2030. A aplicação do método Delphi, a um grupo de especialistas no tema, permitiu identificar os principais fatores de mudança, na indústria da pasta, papel e cartão, necessários para a transição para a bioeconomia, representados na figura 3-3.

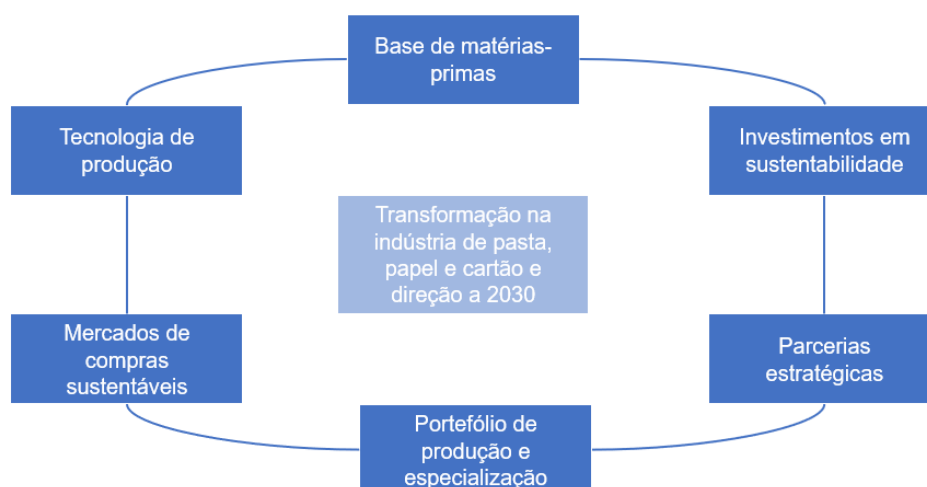


Figura 3-3 Principais fatores para a transformação da indústria da pasta, papel e cartão, em direção a 2030

O mesmo estudo permitiu a identificação de tendências possíveis sobre a indústria da pasta, papel e cartão, em 2030, tendo em consideração aspetos, como: escassez de recursos, competição e aumento da variedade de produtos. Na tabela 3-1 estão representadas diferentes tendências, divididas por tópicos.

Tabela 3-1 Possíveis tendências na indústria da pasta, papel e cartão, em 2030
Adaptado de Toppinen *et al.* (2017)

Tópico	Tendência
Recursos, matérias-primas e energia	<ul style="list-style-type: none"> - Aumento da competição por matérias-primas; - Eficiência de recursos; - Eficiência de energia.
Inovação, tecnologia e produtos	<ul style="list-style-type: none"> - Maior diversidade na variedade de produtos; - Ênfase num nicho de clientes, com produtos com maior valor; - Menos volume mas maior valor.
Cadeia de valor e parcerias estratégicas	<ul style="list-style-type: none"> - Aumento da importância das parcerias estratégicas com outros setores (por exemplo: indústria química); - Transição em direção a uma bioeconomia.
Consumidores	- Mais consumidores que estão ambientalmente mais conscientes
Competição (geográfica)	- Eficiência de recursos e energia como fatores de competitividade.
Políticas e regulamentos	<ul style="list-style-type: none"> - Estabilização de regulamentação ambiental; - Vários objetivos e metas a alcançar criam concorrência por matérias-primas.
Sustentabilidade	- O papel de expansão da sustentabilidade (principalmente nos mercados).

A União Europeia estabeleceu uma meta de redução em 40%, nas emissões de carbono, até 2030, através de reduções domésticas, melhoria da eficiência de energia e aumento do uso de energias renováveis (European Commission, 2013). Na indústria da pasta, papel e cartão, Pätäri *et al.* (2016), colocam a questão de como é que se irá conseguir alcançar esta transformação, trabalhando em direção a uma bioeconomia e quais as novas ações verdes a pôr em prática. Segundo estes autores, a indústria da pasta e do papel é caracterizada por ter uma intensidade de capital elevado, mercados maduros de vários produtos principais e organizações internacionais a operar em mercados globais, com grande volatilidade de preços. Nesta indústria, a regulamentação ambiental tem tido um papel importante na determinação dos termos e condições das suas práticas atuais e futuras oportunidades. De acordo com as “Estratégias de Porter” (Porter & Linde, 1995), a regulamentação ambiental pode melhorar a competitividade e compensar os custos de conformidade, através da eficiência de recursos e novas inovações e, ao incorporar aspetos sustentáveis nas principais estratégias de negócio, promove, não só a inovação, como também o aumento da produtividade, criando valor acrescentado para a sociedade.

Em 2012, a KPMG identificou dez dimensões que estão por detrás das forças de sustentabilidade global e que têm impacto em cada negócio, como se apresenta na figura 3-4. Estas forças, coletivamente, demonstram, não só um aumento e volatilidade de preços, mas

também constrangimentos adicionais, complexidade acrescida e aumento de risco nos negócios (United Nations, 2012).

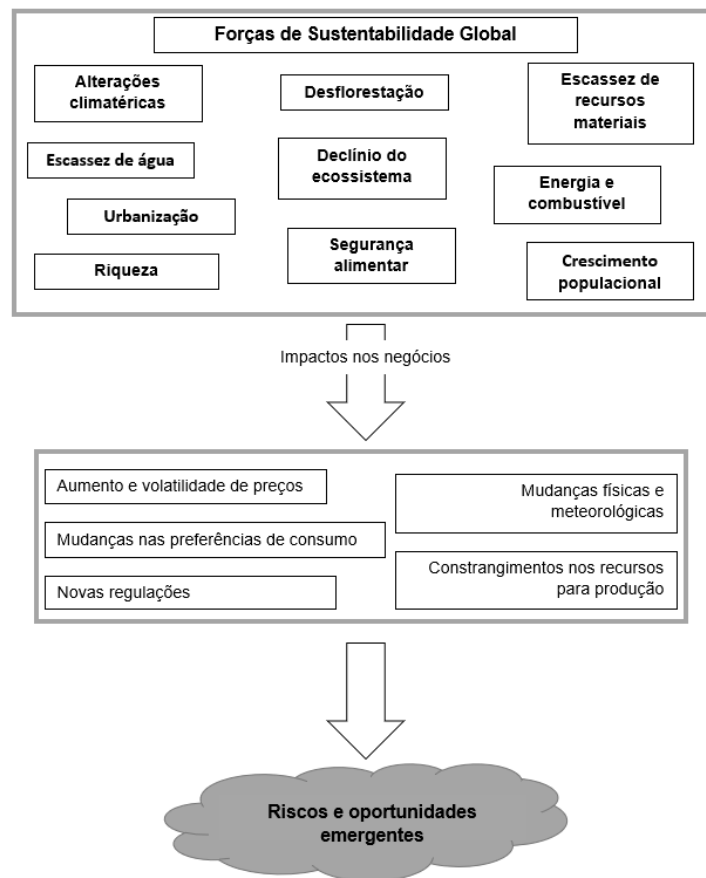


Figura 3-4 Dimensões que estão na base das forças de sustentabilidade global e respetivos impactos nos negócios
Adaptado de Pătări *et al.* (2016)

Dentro das principais ameaças à indústria da pasta, papel e cartão, Pătări *et al.* (2016) destacam:

- Problemas dentro da indústria (o quê e como é que os atuais participantes deste setor estão a atuar);
- Competição com outras regiões ou competição por matérias-primas com outras indústrias;
- Regulamentação ou políticas;
- Outras razões exteriores (por exemplo, forte opinião acerca de que a exploração florestal e corte de árvores, irá reduzir a disponibilidade de matéria-prima ou opinião de que existe uma recuperação baixa e lenta da economia europeia).

Dentro das melhores oportunidades para a indústria da pasta, papel e cartão, destacam-se:

- Inovações, novos produtos e aplicações;
- Bioeconomia e os seus produtos;
- Necessidades e orientações dos clientes;
- Energia renovável.

Para mitigar algumas incertezas e para atingir a sustentabilidade na indústria da pasta, papel e cartão, o desenvolvimento de novos produtos deve ser baseado em colaborações de benefício mútuo, entre fornecedores e clientes, em cadeias de valor, ultrapassando limites setoriais (Pătări *et al.*, 2016).

Um exemplo é o Parque Industrial Guangdong Silver Island Lake (GSIL), onde foram substituídas as pequenas caldeiras originais. A instalação original foi transformada numa central de *Combined Heat and Power* (CHP), para a produção de calor centralizado, energia e fornecimento de frio, bem como para obter reciclagem de energia (Li & Ma, 2015). A maior parte da energia elétrica, produzida pela CHP, é transmitida para a rede pública. A restante é transmitida para a rede elétrica local do parque de papel, para fornecer diretamente eletricidade para fábricas de produção de papel, para a fábrica centralizada de abastecimento de água, para a estação de tratamento de águas residuais e para a estação de refrigeração (Li & Ma, 2015).

O parque de produção de papel GSIL economiza energia, reduz emissões e utiliza os recursos de uma forma abrangente, através da implementação do conceito de economia circular. O efeito da implementação deste conceito é geralmente avaliado pelos seguintes indicadores: taxa de consumo de recursos, taxa de utilização global de recursos e redução na descarga de resíduos (Su *et al.*, 2013).

3.3 Resíduos e subprodutos gerados no setor da pasta e papel

Para aplicação do conceito de economia circular é necessário abordar o tema dos resíduos, uma vez que o mesmo é transversal a todos os setores industriais. Atualmente, existe uma maior preocupação com a minimização de resíduos, sendo que as empresas tentam, cada vez mais, adotar uma gestão de resíduos mais equilibrada e sustentável, atribuindo maior importância à valorização dos mesmos, face à sua deposição em aterro. Esta atitude leva, não só à minimização de desperdícios, como também à valorização dos recursos naturais, que passam a ser mais protegidos.

No setor papelero, a sucessiva melhoria do seu desempenho ambiental deve-se a um intenso programa de investimentos, fruto da política de proteção ambiental deste setor (Fraga, 2017).

A APA defendeu, em Fevereiro de 2014, no estudo “Conceitos de Biomassa, Bioresíduos e resíduos Biodegradáveis”, que os resíduos da produção da pasta e papel (nomeadamente, resíduos de descasque de madeira e resíduos de madeira) não constituem resíduos mas sim biomassa, desde que utilizados na agricultura, silvicultura ou produção de energia (Fraga, 2017).

Fraga (2017) salienta que os resíduos resultantes da indústria papelera são considerados não-perigosos e podem ser divididos em:

- **Processuais:** resultam diretamente da produção (exemplos: serradura, aparas, resíduo de descasque de madeira, lixiviados de aterros, etc.), sendo considerados específicos desta atividade;

- **Não processuais:** não resultam diretamente da produção (exemplos: óleo usados das máquinas, diluentes, embalagens de produtos perigosos, pilhas, etc.).

Ainda de acordo com Fraga (2017), os resíduos podem ter várias formas de tratamento, dependendo se vão ser eliminados ou valorizados. Os resíduos, quando eliminados, podem ter como destino:

- Aterro sanitário;
- Tratamento no solo;
- Descarga para massas de água;
- Tratamento biológico/físico-químico;
- Tratamento terciário;
- Inceneração;
- Armazenagem permanente.

A maioria dos resíduos sólidos produzidos no setor da pasta, papel e cartão vai para valorização energética e aterro, sendo que a percentagem correspondente aos resíduos que são encaminhados para outras indústrias é pequena. Quando valorizados, os resíduos podem ser utilizados como:

- Combustível ou para produção de energia (valorização energética);
- Recuperação/Regeneração de solventes;
- Recuperação/Reciclagem de metais e ligas;
- Regeneração de ácidos/bases;
- Compostagem;
- Utilização de resíduos como subprodutos (para valorização de outras indústrias).

Para a utilização de resíduos em outras indústrias, é necessário que os mesmos sejam classificados como subprodutos. Segundo APA (2016), entende-se como “subproduto”, “substâncias ou objetos que resultam de um processo produtivo, cujo principal objetivo não seja a sua produção (resíduo de produção), e que são utilizados diretamente, sem qualquer outro processamento, que não seja o da prática industrial normal”.

3.3.1 Processo de classificação como subproduto

A nível comunitário, a definição do conceito foi regulamentada com a publicação da Diretiva Quadro Resíduos, definindo-se, no seu artigo 5.º, as condições necessárias de se verificarem, para que uma substância ou objetivo possa ser considerado um subproduto (APA, 2016). A nível nacional, o conceito de subproduto encontra-se regulado no artigo 44.º-A, do Decreto-Lei

n.º73/2011, do Regime Geral de Gestão de Resíduos, encontrando-se no seu n.º1 as quatro condições a verificar simultaneamente (APA, 2015) :

- a) Existir a certeza de posterior utilização da substância ou objeto;
- b) A substância ou objeto pode ser utilizado diretamente, sem qualquer outro processamento que não seja o da prática industrial normal;
- c) A produção da substância ou objeto ser parte integrante de um processo produtivo;
- d) A substância ou objeto cumprir os requisitos relevantes como produto em matéria ambiental e de proteção da saúde e não acarretar impactes, globalmente adversos, do ponto de vista ambiental ou da saúde humana, face à posterior utilização específica.

Uma vez verificadas as condições acima referidas, um resíduo de produção pode ser considerado um subproduto e, assim, não se encontra sujeito às regras relativas à gestão de resíduos (APA, 2016). Para que seja considerado um subproduto, é essencial que a substância ou objeto seja avaliado de forma a verificar o seu potencial. Esta avaliação é efetuada pela APA, de acordo com o esquema que se apresenta na figura 3-5 (APA, 2016).

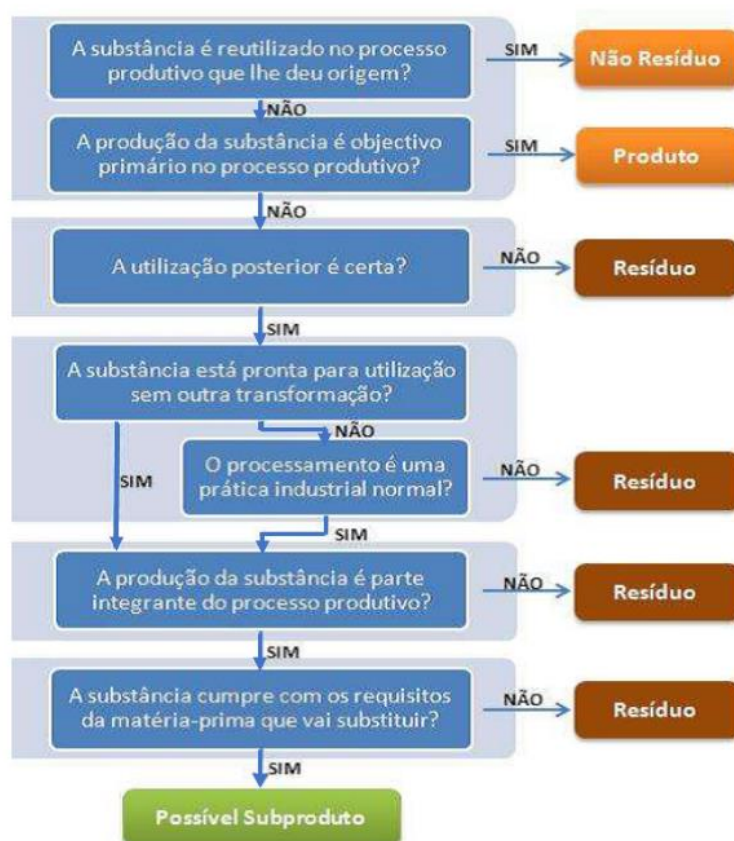


Figura 3-5 Condições que têm de se reunir para classificar um resíduo como subproduto
Fonte: APA (2015)

As empresas associadas da CELPA têm desenvolvido esforços e trabalho, a nível técnico e científico, na identificação e desenvolvimento de soluções que potencializam a classificação de resíduos processuais, como subprodutos, permitindo a sua utilização como matéria-prima em outros processos produtivos (Fraga, 2017).

Uma fábrica de pasta, papel e cartão gera resíduos sólidos em todas as fases de produção, diferenciando estes resíduos uns dos outros, na composição e no teor de humidade. Na linha de fibras, o equipamento de triagem descarrega material não cozido, do digestor e alguns resíduos de triagem de menores dimensões; o ciclo de recuperação química produz, principalmente, material inorgânico; a produção de energia, em caldeiras de biomassa, tem como resíduo sólido, cinzas e areia purgada, no caso de caldeira borbulhante de leito fluidizado e, finalmente, existem ainda as lamas (primárias e biológicas), provenientes da estação de tratamento de efluentes. No caso da caldeira de biomassa de leito fluidizado, uma pequena quantidade de areia, usada para manter o leito fluidizado, deve ser purgada, gerando areia processada, com uma distribuição de tamanho idêntica e mudança da composição, ligeiramente alterada.

Esta dissertação dá ênfase a um dos subprodutos gerados, acima descrito - as areias das Caldeiras de Biomassa de Leito Fluidizado que serão designadas por “areias CBLF”.

3.3.2 Desenvolvimento de soluções para os resíduos sólidos

A procura pelo aumento do desempenho e performance, no setor da pasta, papel e cartão, leva a que a gestão dos resíduos sólidos seja considerada um tópico muito importante, neste setor. Os aumentos na produção significam maior geração de resíduos sólidos (Machado & Modolo, 2007).

Têm sido desenvolvidos esforços para encontrar soluções através da redução, reutilização e valorização dos resíduos sólidos, que incluem medidas como: mudanças nos principais equipamentos e processos (por exemplo, através da adoção de novas tecnologias de filtragem de resíduos), melhorias nas tecnologias utilizadas e/ou estudo e implementação de processos para recuperar nós e incóculos (de material não cozido). De acordo com Machado & Modolo, (2007), os produtos finais e os setores, em que foram desenvolvidas soluções de valorização, correspondem a áreas de atividade ligadas à cerâmicas e a materiais de construção como tijolos, materiais constituídos por agregados leves, fibrocimento, pavimentos e argamassas, adubos e fertilizantes para aplicações agrícolas e florestais, recuperando-se ainda fibras para outras produções de papel e secagem para recuperação de energia. No relatório desenvolvido por estes autores, conclui-se que é importante estabelecer diversas parcerias com centros de investigação e tecnologia, universidades e várias organizações que envolvam diferentes participantes, nas diferentes fases dos processos. A metodologia utilizada, neste relatório, para estudar possíveis soluções para os resíduos sólidos, gerados no setor da pasta, papel e cartão, encontra-se esquematizada na figura 3-6.

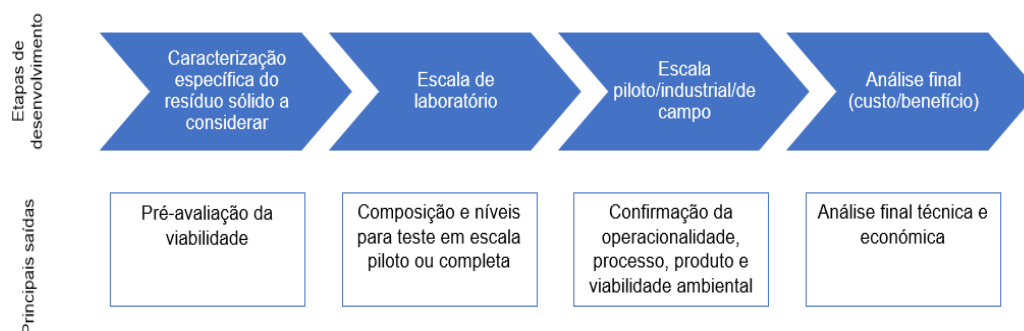


Figura 3-6 Metodologia para estudar soluções para os resíduos sólidos
Adaptada de Machado & Modolo (2007)

3.3.3 Caso particular das areias CBLF como subproduto

Para produzir energia a partir de biomassa, existem vários processos, dos quais se destacam a combustão direta, que por sua vez, pode ser efetuada em: caldeiras de leito fixo ou em caldeira de leito fluidizado (leito borbulhante ou circulante), sendo que estas últimas são as mais eficientes.

À semelhança de outros processos, a combustão em leito fluidizado gera materiais residuais (como cinzas e areias), abrangidos pelo Decreto-Lei n.º 73/2011, de 17 de Junho, que estabelece o regime geral aplicável à prevenção, produção e gestão de resíduos. Este diploma que veio alterar o Decreto-Lei n.º 178/2006, de 5 de Setembro, estabelece os requisitos necessários para que as substâncias, resultantes de um processo produtivo, possam ser considerados como subprodutos. Estabelece, igualmente, quais os critérios para que determinados resíduos deixem de ter o estatuto de resíduo.

As caldeiras de leito fluidizado utilizam uma tecnologia de queima, na qual o combustível é queimado num leito sólido granular não combustível, numa suspensão a quente. Estas caldeiras constituem uma solução eficiente para a produção de energia, a partir de combustíveis de baixo poder calorífico, com teores de humidade e cinzas elevados. Permitem, ainda, a utilização de fuelóleo ou gás natural, como combustível de suporte e de arranque, com menores emissões para a atmosfera (quando comparadas com outros tipos de caldeiras). Na figura 3-7 encontra-se um exemplo de uma caldeira de leito fluidizado borbulhante, na qual estão representados os silos de biomassa, a fornalha e o sistema de remoção de areia residual. O silo de areia não está representado nesta figura, mas encontra-se imediatamente atrás da fornalha. A remoção de areia é, normalmente, efetuada por descarga direta em contentor dedicado, antes do seu envio para o destino final.

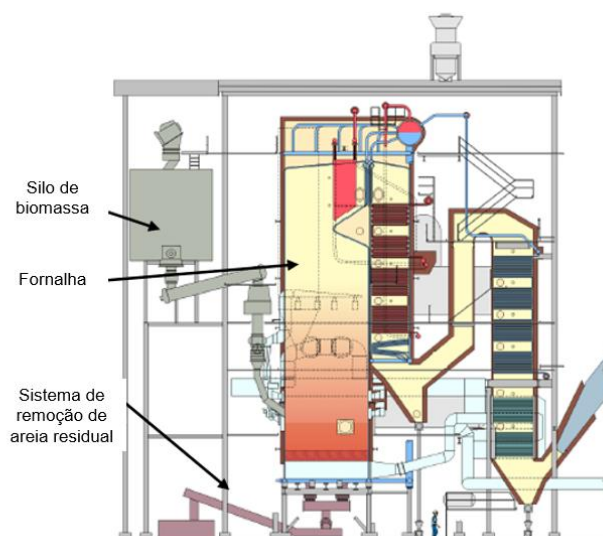


Figura 3-7 Exemplo de uma caldeira de leito fluidizado
Adaptado de Matos (2012)

As areias das caldeiras de biomassa de leito fluidizado (areias CBLF) encontram-se classificadas como resíduo não perigoso, a que corresponde o código 10 01 24, da Lista Europeia de Resíduos, aprovada pela Portaria nº 209/2004, de 3 de Março.

A areia CBLF é um material seco, com granulometria pouco variável e com uma cor acinzentada. A sua composição química é a reflexão do tipo de areia e de combustível utilizados para a sua produção e das condições de combustão. Este material apresenta características que permitem a sua utilização direta como matéria-prima, sem outro processo, que não o da prática industrial normal, principalmente para a produção de cimento.

No âmbito do projeto de valorização de resíduos industriais ao RAIZ (Instituto de Investigação da Floresta e Papel), foram ensaiadas, à escala industrial, areias CBLF para produção de argamassa cimento-cola C2. A característica principal da areia purgada na caldeira de leito fluidizado é a distribuição do tamanho homogéneo de partículas, que é apreciada para a produção de alguns produtos específicos. Após realização de testes, os resultados industriais mostraram que as argamassas, produzidas com a incorporação de areias CBLF, estavam dentro da faixa aceitável para este tipo de produtos (Fraga, 2017).

Neste processo, de uma forma global, os seus principais objetivos passam por ser aspetos benéficos, como a valorização de um resíduo e a redução da utilização de recursos naturais (neste caso, correspondente à areia convencional).

De acordo com Fraga (2017) verificou-se que, em todas as amostras que foram analisadas, os parâmetros das mesmas apresentaram valores inferiores aos exigidos pelo DL 152/2002, para que estas areias sejam classificadas como inerte. Fraga (2017) salienta, também, que de acordo com o DL 78/2004, as areias CBLF não apresentam risco de armazenamento ou presença de contaminantes no solo, podendo ser depositadas e transportadas nos mesmos meios utilizados para as areias convencionais, utilizados pela indústria parceira. As areias CBLF constituem uma matéria-prima compatível às areias convencionais, utilizadas para a

produção da argamassa cimento-cola C2. A utilização das areias CBLF não apresenta qualquer impacto adicional para o ambiente, permitindo a valorização de um resíduo, cujo destino final seria o aterro e a redução de consumo de recursos naturais.

4 Estudo de caso – rede de simbiose industrial das areias CBLF

Para a realização desta dissertação adotou-se a metodologia de estudo de caso, aplicada a um nível meso (associações de várias entidades únicas). Um estudo de caso é uma investigação que, deliberadamente, se concentra numa situação específica, que se supõe ser única ou especial, em determinados aspetos. O estudo de caso tenta explorar o que é mais essencial e característico na investigação, contribuindo para uma melhor compreensão global da situação em questão (Voss, Tsikriktsis, & Frohlich, 2002).

4.1 Metodologia de estudo de caso

Os estudos de caso têm como base a investigação qualitativa e, desta forma, guiam-se pela lógica da recolha e análise de dados e interpretação da informação de métodos qualitativos (Voss *et al.*, 2002; Yin, 2009). Eisenhardt & Graebner (2007) descrevem, no seu estudo, que teorias são construídas através de estudos de caso, uma vez que um estudo de caso é uma investigação empírica que explora um determinado fenómeno, rico em descrição empírica, dentro de um contexto real.

A metodologia de estudo de caso pode ser utilizada para alcançar diferentes objetivos de pesquisa, uma vez que é frequentemente associada à descrição e ao desenvolvimento de teorias, utilizadas para fornecer evidências para criar hipóteses e explorar áreas, onde o conhecimento existente é limitado. Exploração, construção de teorias, teste de teorias e refinamento de teorias, são os quatro motivos, destacados por Kotzab, Seuring, Muller, Reiner, & Westhaus (2005), para utilização de estudos de caso, na área do conhecimento de gestão das operações. A utilização do estudo de caso tem várias vantagens como é o caso da sua aplicabilidade a situações humanas e contextos contemporâneos da vida real e a sua capacidade de capturar desenvolvimentos conceptuais, sem que proponha teorias gerais.

Assim, nesta dissertação, adotou-se a metodologia de estudo de caso, através da aplicação de um único estudo de caso, constituído por várias entidades distintas, por se considerar esta metodologia a mais adequada para concretização dos objetivos propostos na secção 1.2. Esta dissertação é um estudo exploratório, que tem como motivação a exploração do conceito de simbiose industrial e dos fatos que condicionam a sua implementação.

4.1.1 Seleção do estudo de caso

No processo produtivo do setor da pasta, papel e cartão são formados vários resíduos processuais. Esta dissertação foca um tipo de subproduto específico deste setor - as areias das caldeiras de biomassa de leito fluidizado (também designadas por areias CBLF). Estas areias, ao serem classificadas como subprodutos, podem ser reaproveitadas e reutilizadas por

outras indústrias, de outros setores, contribuindo para o desenvolvimento do conceito de simbiose industrial. Para que tal aconteça, é necessário estudar a rede de valor inerente a este processo. Assim, foi definido como unidade de análise a rede de valor inerente ao processo de comercialização do subproduto - areias CBLF. A rede de valor é composta por várias entidades que se mostraram disponíveis a participar neste processo de simbiose industrial. A tabela 4-1 apresenta a caracterização das entidades participantes do estudo. Cada uma nomeou um perito, junto do qual foram recolhidos os dados necessários para o estudo.

Tabela 4-1 Caracterização das entidades

Entidade	Descrição	Localização	Perito	
			Função	Tempo de experiência (anos)
CELPA	Associação da Indústria Papeleira	Lisboa	Coordenação da área de ambiente e indústria	10
The Navigator Company	Empresa associada da CELPA	Setúbal	Direção técnica corporativa de ambiente	3
PARAPEDRA – Sociedade Transformadora de Pedras, S.A.	Empresa de extração de areias	Rio Maior	Diretor executivo	12
			Gestor da qualidade	7
SOARVAMIL, LDA.	Empresa de extração de areias	Seixal	Diretor de produção e qualidade	22
Morais Construções	Empresa de construção civil	Almada	Diretor técnico e comercial	28
APFAC	Associação Portuguesa dos Fabricantes de Argamassas e ETICS	Coimbra	Diretor executivo	1

4.1.2 Etapas de abordagem metodológica

Numa primeira fase realizou-se um enquadramento teórico, introduzindo a temática das areias. Seguidamente, foi adaptado e desenvolvido um modelo de análise, que visa analisar a rede de valor, através da identificação dos *stakeholders* e criação de uma matriz de fluxos de valor. Posteriormente, procedeu-se à identificação das barreiras e motivações, que levam cada *stakeholder* a participar nesta rede de simbiose industrial.

Considerando os objetivos propostos, a abordagem metodológica do estudo de caso (esquemáticamente representada na figura 4-1) divide-se em três fases:

Etapas 1) Enquadramento – tem como objetivo descrever o estudo de caso, nomeadamente:

- Características físicas do subproduto;
- Transporte do subproduto;
- Origem do subproduto e aplicações para utilização do mesmo como matéria-prima secundária;

Etapa 2) Desenvolvimento do modelo da rede de valor de simbiose industrial - o objetivo principal é analisar qualitativamente a rede de valor de simbiose industrial, constituída por vários participantes (i.e. *stakeholders*). Será desenvolvida a matriz de fluxos entre *stakeholders*, usando a metodologia proposta por Hein *et al.* (2017) composta pelos os seguintes passos:

Passo 1) Identificar e representar, na rede de valor de simbiose industrial, os *stakeholders*

Passo 2) Identificar os fluxos de valor existentes, entre os *stakeholders* da rede de valor de simbiose industrial

Passo 3) Quantificação dos fluxos de valor – que por sua vez, se divide em:

3.1) Atribuição de ponderações, para cada fluxo, aos critérios “urgência” e “dependência”

3.2) Combinação dos valores dos critérios “urgência” e “dependência”, em um só valor, com base na matriz construída por Feng *et al.* (2013)

Passo 4) Desenho da matriz relativa aos fluxos de valor, entre *stakeholders* da rede de valor de simbiose industrial.

Etapa 3) Identificação das motivações e barreiras ao funcionamento da rede de valor de simbiose industrial – foram identificadas as principais barreiras e motivações, por tipo de *stakeholder*, para participar nesta rede. Para este fim, elaborou-se um guião de recolha de dados (Anexo B), que foi enviado aos vários *stakeholders*, com o objetivo de identificar a importância que cada um atribui, a cada barreira e motivação.

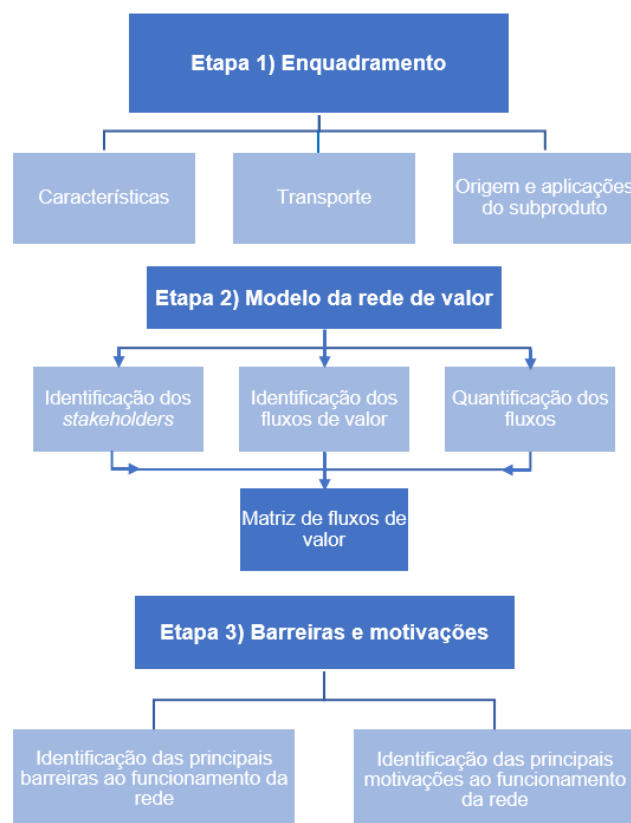


Figura 4-1 Etapas adotadas na abordagem metodológica

4.1.3 Recolha de dados

Na elaboração do estudo de caso foram utilizados dados primários (recolhidos diretamente pela investigadora) e dados secundários (às quais a investigadora teve acesso, para complementar e completar o estudo). Os dados utilizados no estudo de caso e as respetivas fontes, encontram-se disponíveis nas tabelas 4-2 e 4-3.

Os dados primários foram recolhidos através de:

- Visitas realizadas às instalações dos possíveis *stakeholders*, que intervêm na rede de simbiose industrial, nas quais foram realizadas entrevistas não-estruturadas, de forma a compreender o ponto de vista de cada um;
- Guião de recolha de dados, enviado aos vários *stakeholders*;
- Observações “*in loco*”, com o objetivo de completar a informação já adquirida.

Em relação aos dados secundários, foram consultados vários documentos, incluindo relatórios ambientais, projetos de valorização de resíduos, formulário de pedido de classificação de subprodutos, boletim estatístico da CELPA e documentação interna de um projeto de geologia. Estes documentos foram disponibilizados pelas entidades em estudo, de acordo com a tabela 4-3.

Tabela 4-2 Fontes de dados primárias

Objetivo	Fontes de dados	Entidade	Número de ocorrências
Enquadramento do estudo de caso Identificação dos <i>stakeholders</i>	Visitas às instalações e uma entrevista não-estruturada	CELPA	4
Identificação de possíveis fluxos de valor, trocados entre <i>stakeholders</i> Quantificação dos critérios “urgência” e “dependência”	Visita às instalações fabris e entrevista não-estruturada	The NAVIGATOR COMPANY	1
	Visita às instalações e entrevista não-estruturada;	Grupo PARAPEDRA	1
	Visita às instalações e entrevista não-estruturada	Sociedade de areias de Vale de Milhaços, SOARVAMIL	1
	Entrevista não-estruturada	Associação Portuguesa dos Fabricantes de Argamassa e ETICS	1
Identificação das motivações e barreiras, à comercialização do subproduto	Guião de recolha de dados, acerca das motivações e barreiras, à comercialização do subproduto	Todas as anteriores	1 guião por pessoa, perfazendo um total de 8

Tabela 4-3 Fontes de dados secundárias

Documentos	Dados utilizados	Fonte
“Areias de Leito Fluidizado – Justificação para ser considerado subproduto” – Documento Interno	<ul style="list-style-type: none"> • Descrição do processo de combustão em leito fluidizado, que dá origem ao subproduto; • Justificação do material em questão ser considerado como um subproduto. 	CELPA
“Projeto de Valorização de resíduos – relatório de ensaios referente a ensaio industrial com areias de leito fluidizado” – Documento Interno	<ul style="list-style-type: none"> • Utilização das areias CBLF para incorporação em argamassa; • Etapas necessárias para a transformação do subproduto em matéria-prima secundária; • Valores dos parâmetros analisados relativos ao subproduto. 	CELPA
“Formulário de Pedido de Classificação de Subproduto” – Documento Interno	<ul style="list-style-type: none"> • Quantidade de subproduto que é produzida anualmente e os respetivos locais de produção; • Possíveis utilizações do subproduto; • Processos de tratamento que o subproduto deverá sofrer, após sair das instalações onde é fabricado; • Processo produtivo onde é originado o subproduto 	APA
Boletim Estatístico 2016 – CELPA – Documento Externo	<ul style="list-style-type: none"> • Validação de dados relativos ao negócio e aos indicadores de desempenho da Associação da Indústria Papeleira - CELPA 	CELPA
Documento interno	<ul style="list-style-type: none"> • Caracterização das areias 	PARAPEDRA
Apresentação externa	<ul style="list-style-type: none"> • Possíveis aplicações para as areias CBLF 	The Navigator Company
<i>Circular Economy Waste and By-products</i> - Comunicações internas do Metsa Group	<ul style="list-style-type: none"> • Esquematização do processo de produção de pasta de papel e área de recuperação e energia 	APA

4.1.4 Fiabilidade e validade do estudo de caso

Para assegurar a qualidade de um estudo de caso é necessário prestar atenção à fiabilidade e validade do mesmo. Voss, Tsikriktsis, & Frohlich (2002) resumem as quatro medidas necessárias, que asseguram a qualidade do estudo de caso na pesquisa empírica:

- **Validade de construto** significa que as medidas operacionais, utilizadas para medir construtos, medem realmente os conceitos que se pretendem medir;
- **Validade interna** significa que o estudo mede aquilo que se pretende medir e que os relacionamentos demonstrados, no estudo, são explicados pelos fatores descritos e não por outros;
- **Validade externa** é garantir que a descoberta de um estudo pode ser generalizada, em configurações semelhantes, fora dos objetos estudados;
- **Fiabilidade** significa que as operações de um estudo podem ser repetidas, por outros investigadores, com o mesmo cenário de pesquisa, no sentido de chegarem às mesmas conclusões.

Na tabela 4-4 apresentam-se as técnicas utilizadas na investigação para garantir o cumprimento de cada medida, tendo como finalidade garantir a qualidade do estudo de caso.

Tabela 4-4 Medidas e técnicas utilizadas para garantir a qualidade do estudo de caso

Medida	Técnica utilizada	Fase de pesquisa em que ocorre
Validade de construto	Utilização de múltiplas fontes de evidências – dados recolhidos de fontes primárias e secundárias (apresentados, anteriormente, nas tabelas 4-2 e 4-3).	Recolha de dados
	Validação dos dados com as entidades-chave do estudo.	Análise de dados
Validade interna	As descobertas e conclusões do estudo de caso foram apresentadas e validadas junto das entidades participantes no estudo.	Análise de dados
Validade externa	Foi elaborado um único estudo de caso.	Conceção do estudo de caso
	Definição da unidade de análise e respectivo âmbito de estudo.	Conceção do estudo de caso
Fiabilidade	Utilização da metodologia de Hein <i>et al.</i> (2017) para a elaboração e análise da rede de valor.	Recolha de dados
	Codificação dos critérios “urgência” e “dependência com base nos contrutos propostos por Feng <i>et al.</i> (2013).	Recolha de dados
	Utilização de guião de recolha de dados (disponível em Anexo B)	Recolha de dados

4.2 Enquadramento

4.2.1 Caracterização das areias CBLF

As areias são materiais mineiros com características, valor económico e diversas possibilidades de utilização. As areias podem ser divididas em dois grupos gerais:

- Areias comuns: incluem areias e gravilhas, com um calibre médio inferior a 6 cm, para uso na construção civil (nomeadamente para produção de betão, argamassas e asfaltos), sem especificações complexas e de baixo valor comercial. Desta forma, devem ser produzidas em locais próximos do consumidor final e, por isso, o grande desenvolvimento das explorações de areias é, normalmente, realizado em redor dos grandes centros urbanos
- Areias especiais: de calibres mais finos, para utilização nas indústrias de vidro e cerâmica. Neste tipo de indústria existe a necessidade de tratamento mineralúrgico e as especificações são mais complexas e exigentes e, por isso, este tipo de areias tem um valor comercial alto.

Para a definição de areia podemos considerar que se trata de um material, que ocorre sob a forma não consolidada ou pouco consolidada, proveniente de fragmentos de rocha alterados e de calibres de tamanho reduzido. A sua composição varia consoante a rocha que lhe deu origem, sendo o *quartzo*, na generalidade, o mineral predominante. As especificações das areias baseiam-se, fundamentalmente, em três propriedades inerentes às mesmas: calibre; características físicas e composição química e mineralógica.

As areias podem ter várias classificações, como por exemplo: S 30/30, S 40/45, S 40, etc., devido ao seu índice de finura AFS (característico das areias).

No caso particular das areias CBLF, estas correspondem a areias do tipo NS 30/40, com uma quantidade reduzida de finos e isenta de argila. As características deste tipo de areias apresentam-se nas tabelas 4-5 e 4-6.

Tabela 4-5 Características granulométricas relativas às areias NS 30/40

Peneiro (mm)	NS 30/40
	% material retido
1.4	0-15
1	10-40
0.500	30-70
0.250	2-15
0.100	0-1
Fundo	0

As areias podem, também, ser designadas como agregados: graúdos (com granulometria superior a 4.8mm) ou miúdos (com granulometria inferior a 4.8mm).

Tabela 4-6 Características químicas médias das areias NS 30/40 (%)

Características Químicas (%)									
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO
97.500	0.990	0.060	0.020	0.060	0.180	0.800	0.020	0.010	0.000

4.2.2 Transporte de areias

As areias CBLF precisam de ser transportadas desde o local onde são produzidas, até ao local onde vão ser consumidas. O transporte destas areias é feito da mesma maneira que é feito o transporte das areias convencionais – através de camiões. É, agora, necessário estimar as quantidades de areia que podem ser transportadas, de cada vez, num camião:

- Um camião sem atrelado, pode levar até cerca de 18 toneladas de areia;
- Um camião com atrelado, pode levar até cerca de 26 toneladas de areia.

As areias, nos camiões, podem ser transportadas avulso, ou podem ser empacotadas em *big bags* – permitindo rentabilizar o espaço ocupado, levando maiores quantidades de areia. É de salientar que um *big bag* corresponde a transportar aproximadamente uma tonelada de areia.

Em termos de volume ocupado, 1,5 toneladas de areia correspondem a, cerca de, 1 m³. Estas estimativas permitem-nos, então, afirmar que um camião sem atrelado transporta aproximadamente 12 m³ de areia e um camião com atrelado transporta aproximadamente 18 m³.

4.2.3 Origem das areias CBLF e sua utilização como subproduto

Para compreender a origem das areias CBLF, deverá ser compreendida a parte relativa ao processo que as forma. Assim, o processo produtivo da pasta de papel e os respectivos resíduos, encontram-se representados na figura 4-2.

As areias CBLF são formadas na caldeira de biomassa resultantes da queima da casca da madeira. Segundo Fraga (2017), estas caldeiras de biomassa satisfazem as necessidades de vapor do processo produtivo e produzem energia elétrica, além de serem complementares às caldeiras de recuperação. A composição química destas areias não sofre alterações, uma vez que estas estão apenas sujeitas a processos térmicos. A biomassa que é queimada, nas caldeiras de biomassa, pode libertar alguns cloretos e alguns aglomerados de terra, mas este é um processo natural, que não afeta a composição das areias CBLF.

Estas areias são constituídas por grãos com diferentes dimensões e, estando as mesmas sujeitas a ações de erosão, é necessária uma taxa de renovação para garantir as condições de fluidização. Desta forma, as areias, que são geradas e substituídas, podem constituir matéria-prima secundária para outras indústrias (após respetivo tratamento) (Fraga, 2017).

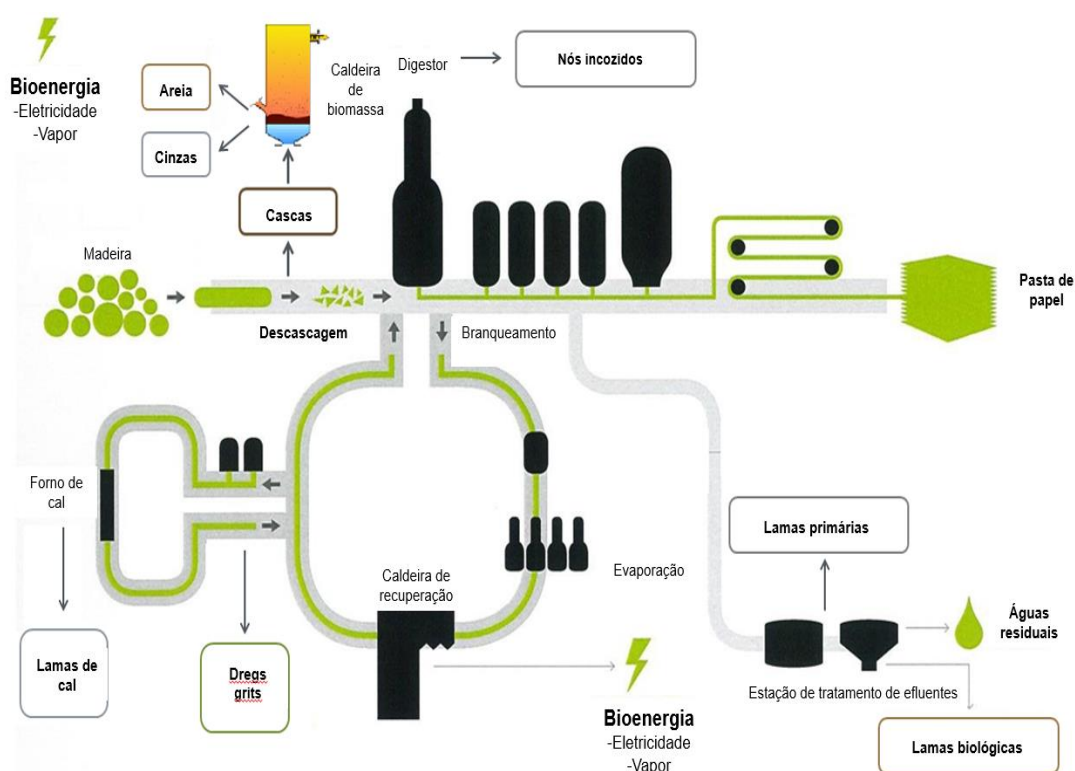


Figura 4-2 Processo de produção de pasta de papel e área de recuperação e energia
Adaptado de Metsa Group (2015)

As areias CBLF foram desclassificadas como resíduos, no final de Outubro de 2017 e, atualmente, são consideradas subprodutos, daí poderem ser comercializadas para outras organizações e indústrias. Para além da produção de cimento, estas areias têm potencial para outras utilizações, que permitem a redução no consumo de recursos naturais, como:

- Produção de pavimentos asfálticos;
- Produção de massa de cimento e de enchimento, usada na base de estruturas, fundações e camadas de pavimento;
- Regularização de solos;
- Utilização como material drenante, na base de aterros.

4.3 Desenvolvimento do modelo da rede de valor de simbiose industrial

No sentido de analisar a rede de valor de simbiose industrial e avaliar a participação dos vários *stakeholders* na mesma segue-se a metodologia proposta por Hein *et al.* (2017). Com o modelo da rede de valor de simbiose industrial, pretende-se identificar os *stakeholders* que detêm de maior poder e identificar os recursos-chave que contribuem para o poder dos *stakeholders*. Para tal, adotam-se os passos seguidamente descritos.

4.3.1 Identificação dos stakeholders

Precedente à identificação dos *stakeholders* participantes na rede, torna-se importante identificar a organização focal. No contexto da simbiose industrial, existem duas formas de considerar a organização focal: a primeira considera a simbiose como sendo o projeto focal e a segunda considera o participante responsável pela simbiose como a organização focal.

Para o estudo de caso desta dissertação - areias CBLF, optou-se pela segunda opção de se considerar uma organização focal. As areias CBLF são produzidas nas fábricas de pasta, papel e cartão, representadas pela CELPA. Esta foi a entidade responsável por conduzir estudos, pedir a classificação das areias como subprodutos e conduzir negociações necessárias à comercialização das mesmas, operacionalizando e coordenando o processo de simbiose industrial. Desta forma, a CELPA é considerada a organização focal.

Através de entrevistas não-estruturadas à organização focal, foi possível recolher dados e informações acerca das entidades que estariam envolvidas no processo de simbiose industrial. Foram também recolhidas informações acerca da contribuição, de cada uma dessas entidades, para o objetivo da organização focal. Com esta informação, foram identificados os *stakeholders* que participam no processo de simbiose industrial e formam a rede de valor inerente ao mesmo. Como tal, na figura 4-3 estão representados os *stakeholders* (também com a designação de participantes) e as relações entre os mesmos, no estudo de caso das areias CBLF.

Torna-se, então, necessário estudar a contribuição de cada *stakeholder* na rede de valor deste processo de simbiose industrial. Esta rede é constituída por:

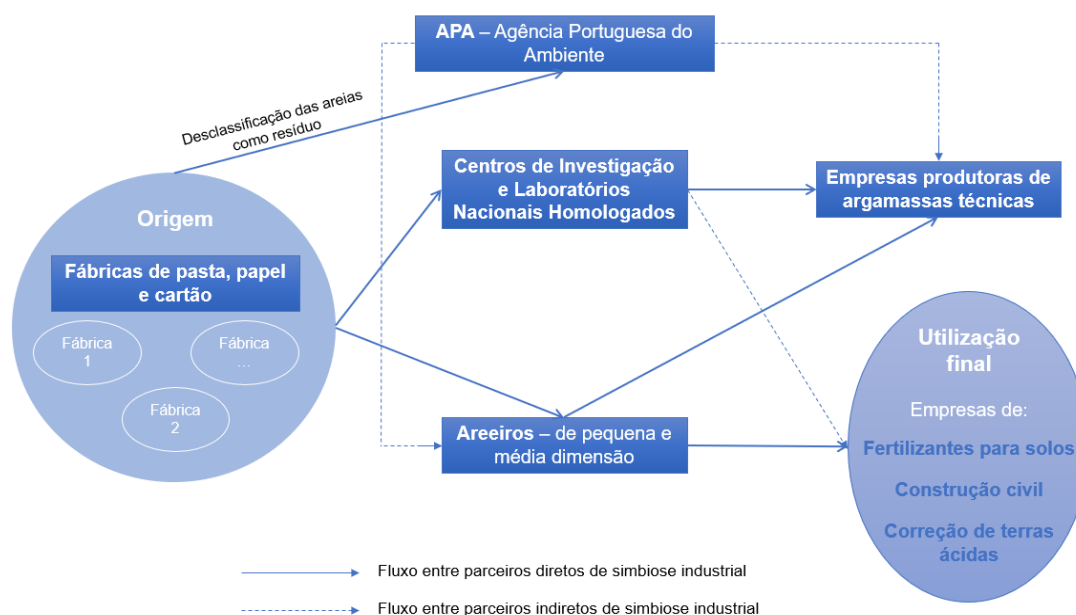


Figura 4-3 Participantes do processo de simbiose industrial, no estudo de caso e respetivas relações

a) Entidades que produzem o subproduto – Fábricas de Pasta de Papel, representadas, nesta dissertação, pela CELPA

A CELPA representa as fábricas produtoras de pasta, papel e cartão, que utilizam a técnica de combustão de biomassa em leito fluidizado, nas suas caldeiras de biomassa. Em algumas destas empresas existem centrais de cogeração associadas, que produzem energia elétrica e térmica, a partir da biomassa. Assim, a CELPA representa os produtores do subproduto em estudo – areias CBLF. O destino destas areias, caso não fossem utilizadas, recicladas ou reintegradas em outro processo, seria o aterro, o que implica, para as empresas produtoras, que estas têm de pagar uma taxa de gestão de resíduos (8€/tonelada). Desta forma, foi necessário encontrar uma solução para a reutilização das areias CBLF, que trouxesse benefícios a todas as partes envolvidas neste processo de simbiose industrial. Encontra-se, na tabela 4-7, a localização das várias fábricas de pasta, papel e cartão, a nível nacional.

Tabela 4-7 Localização das fábricas de pasta, papel e cartão, a nível nacional

Fábricas de Pasta de Papel	Localização
The Navigator Company, SA	Mitrena, Setúbal
Navigator Pulp Cacia, SA	Cacia, Aveiro
Navigator Paper Figueira, SA	Lavos, Figueira da Foz
About the Future, SA	Mitrena, Setúbal
Navigator Tissue Rodão, SA	Vila Velha de Rodão
Celbi – Celulose Beira Industrial, SA	Leirosa, Figueira da Foz
Caima– Indústria de Celulose, SA	Constância, Santarém
CELTEJO – Empresa de Celulose do Tejo, SA	Porto do Tejo, Vila Velha de Rodão
Renova – Fábrica de Papel do Almonda, SA	Zibreira, Torres Novas
EuroPac Kraft Viana	Deocriste, Viana do Castelo

Para compreender a quantidade de subproduto que é gerado em consequência da combustão de biomassa, foram recolhidos dados relativamente às centrais termoelétricas, localizadas perto das instalações das fábricas de pasta, papel e cartão. Estas centrais produzem eletricidade para a rede, não para o processo produtivo desta indústria e contribuem, igualmente, para as 28 900 toneladas de areias CBLF que são produzidas, anualmente, em caldeiras de biomassa. No total, a indústria de papel portuguesa produziu 39 100 toneladas, anuais, deste subproduto.

b) APA – Agência Portuguesa do Ambiente;

Em 2014, com o objetivo de promover a utilização das areias CBLF, em outros setores, a CELPA solicitou a classificação de subproduto para este tipo de areias, junto da APA. Assim, apresentou a verificação das quatro condições necessárias, estabelecidas pela APA para a classificação como subproduto, sendo elas: existir certeza na posterior utilização da substância ou objeto; a substância ou objeto pode ser utilizado diretamente, sem qualquer outro processamento que não o da prática industrial normal; a produção da substância ou objeto deve ser parte integrante do processo produtivo e a substância ou objeto tem de cumprir os requisitos relevantes como produto em matéria ambiental e de proteção da saúde. Para além da verificação destas condições, a CELPA apresentou informações acerca da quantidade produzida anualmente, localização das fábricas produtoras (entre outras características de cada fábrica) e futuras utilizações do subproduto (como: pavimentação, fabricação de argamassas e fabricação de cimentos, podendo a percentagem de incorporação destas areias, para estas utilizações, variar entre os 80% e os 100%).

Em outubro de 2017, a APA homologou a classificação das mesmas.

c) Centros de investigação e laboratórios nacionais homologados;

Para demonstrar o potencial uso das areias em outros setores, recorreu-se a centros de investigação e laboratórios nacionais homologados, nomeadamente, ao RAIZ e ao LNEC (Laboratório Nacional de Engenharia Civil). Comprovou-se que as areias CBLF não acarretavam qualquer tipo de impacte adverso, do ponto de vista ambiental e de saúde pública, uma das condições necessárias, definidas pela APA, para a homologação como subproduto. Através da realização de um estudo, liderado pelo RAIZ, demonstrou-se que as areias CBLF permitem a produção de argamassas e concluiu-se que estas areias constituem uma matéria-prima compatível às areias convencionais, que são utilizadas para a produção de argamassa, sem nenhum impacte adicional para o ambiente. Este estudo permitiu demonstrar a possibilidade de valorizar um resíduo, cujo destino final seria o aterro, contribuindo, simultaneamente, para reduzir a exploração e o consumo de recursos naturais (RAIZ, 2007).

d) Empresas produtoras de argamassas – representados pela APFAC – Associação Portuguesa dos Fabricantes de Argamassas e ETICS;

Uma das soluções estudadas e propostas pelo RAIZ, para a utilização das areias CBLF, é que estas possam substituir as areias convencionais, na produção de argamassas. Do ponto de vista estratégico, as empresas produtoras de argamassas poderiam beneficiar com esta simbiose industrial, uma vez que estariam a utilizar um resíduo proveniente da combustão de biomassa, ao invés de explorarem recursos naturais. No entanto, devido à distribuição geográfica das empresas e do facto de haver necessidade de tratar o subproduto antes de o utilizar (através dos processos de lavagem e crivagem, processos inerentes à prática industrial normal), a alternativa mais viável passaria pelas empresas de argamassas comprarem aos areeiros, misturas de matérias que integrassem as areias CBLF, na sua composição (de acordo com as especificações das normas legais, em vigor).

e) Intermediários – areeiros;

Os areeiros são as entidades responsáveis pela extração, lavagem, crivagem e transporte e ensacamento (se necessário) das areias. Neste processo específico de simbiose industrial, de uma perspetiva global, os seus principais objetivos passam por ser aspetos como a valorização de um resíduo e a redução da utilização de recursos naturais (neste caso, redução da exploração da areia convencional).

Uma vez demonstrada uma possível utilização das areias CBLF, foi necessário compreender como é que o processo de utilização das mesmas se poderia tornar exequível, considerando que existem distâncias a percorrer, entre as empresas que produzem o subproduto e as empresas que o vão utilizar e os tratamentos a realizar ao mesmo. Concluiu-se que uma das possibilidades de concretização deste cenário seria se existisse um intermediário entre os produtores e os consumidores, que fosse responsável pelo levantamento e tratamento do subproduto, sendo que para o tratamento são necessários técnicas e instrumentos específicos. A solução passa por recorrer a areeiros locais (do ponto de vista geográfico), que conseguem otimizar os custos logísticos de transporte, uma vez que têm a possibilidade de, quando realizam a entrega de um produto a um cliente, na mesma rota, passarem por uma fábrica produtora do subproduto em estudo e trazerem o mesmo no camião (que poderá vir vazio) até às suas instalações.

Estes participantes são críticos neste processo, sendo eles os responsáveis pela recolha e transporte das areias, desde o local onde são produzidas até às suas instalações. Uma vez presentes nas instalações dos areeiros, as areias são sujeitas ao tratamento de lavagem e crivagem, para poderem incorporar misturas de materiais. Para a realização desta dissertação, foram consultados dois areeiros, potenciais participantes neste processo de simbiose industrial.

Uma vez presentes nas instalações dos areeiros, as areias CBLF são sujeitas a um processo de lavagem e crivagem, que permite selecionar todas as areias com grãos inferiores a 2 mm. É de salientar que, atualmente, cada areeiro abrange diferentes públicos-alvo, através

de uma oferta de diferentes areias, para diferentes tipos de utilizações finais. Futuramente, com a promoção do conceito de simbiose industrial, o público-alvo destas entidades deverá ser alargado.

Como exemplo de areeiros, recorreu-se a duas entidades com diferentes características:

- SIFUCEL – Grupo Parapedra

O grupo Parapedra, sediado em Rio Maior, explora duas grandes áreas de negócio, as pedras e as areias. O grupo tem uma capacidade de produção diária de cerca de 18.000 toneladas, distribuída em:

- Parapedra: 3.000 toneladas;
- Interbritas: 4.800 toneladas;
- Sifucel/Lusosílica: 11.200 toneladas, nas diversas áreas de produção.

Atualmente, os principais clientes do grupo estão nas áreas de negócio do vidro, cerâmica, cimentos, cimento-cola, construção civil, fundição, asfaltos, indústria da borracha, química industrial, tintas, indústria agrícola, rações, filtros para piscinas, campos de golfe, indústria de mármore compactos e filtros de gases.

A logística do grupo é assegurada por uma unidade pertencente ao mesmo, que serve todas as suas empresas, na área dos transportes, possuindo frota própria (Parapedra, 2013).

O grupo sugeriu uma possibilidade de integração e utilização deste tipo de areias - através da incorporação das mesmas em misturas de materiais, que podem ser utilizados para fertilização dos solos (nomeadamente, as areias CBLF podem ser integradas em misturas de areias convencionais), em vários setores.

Uma vez que o grupo possui frota própria, o transporte das areias é facilitado. Assim, é possível levar os produtos finais até aos clientes e, na mesma rota, recolher as areias CBLF.

- SOARVAMIL – Sociedade de Areias de Vale de Milhaços, Lda.

Esta empresa de extração de areias, presente na zona de Vale de Milhaços (distrito de Setúbal) produz cerca de 300.000 toneladas de areia, por ano, podendo chegar até a 1.000.000 de toneladas. Diariamente, são produzidas entre 2.500 a 3.500 toneladas, de areia grossa e 1.000 toneladas, de areia fina, para um público-alvo que abrange, desde produtores de cimento, argamassas e betão, a indústrias que utilizem misturas de areias para jardins e campos de futebol, passando pela construção civil, entre outros. A SOARVAMIL demonstrou interesse em participar neste estudo, destacando algumas possibilidades de utilização das areias CBLF, através da sua incorporação em misturas de materiais, com possíveis utilizações em:

- Correção de terras para jardim/campos de futebol/etc.: uma vez que existe, por vezes, necessidade de corrigir pHs muito ácidos, estas

areias ajudam na correção dos pHs, uma vez que têm um ph muito básico;

- Mistura nas areias para construção: sendo que as areias CBLF representam uma pequena percentagem, comparativamente à quantidade de areias que é extraída, as areias CBLF podem ser misturadas com as areias convencionais e, posteriormente, podem ser enviadas para utilização em construção civil;

- Mistura nas areias para produção de betão ou para a produção de argamassas: as areias CBLF podem ainda ser misturadas com as areias convencionais e, posteriormente, podem ser enviadas para produtores de betão ou de argamassas, desde que a composição final da mistura esteja de acordo com as especificações das normas legais, em vigor.

Tendo em consideração uma das possibilidades de utilização final, as areias CBLF podem ter, como destino final, o setor da **construção civil**. Neste sentido, as empresas de construção civil também fazem parte da rede de valor e do processo de simbiose industrial. Desta forma, tornou-se importante validar junto das mesmas, a possibilidade de utilização das areias CBLF. Para tal, recorreu-se a uma empresa de construção civil – *Morais Construções LDA.*, e, após validação da informação, concluiu-se que as areias CBLF podem ser integradas em misturas, que são utilizadas pelas empresas de construção civil, desde que estas misturas estejam certificadas por um laboratório.

4.3.2 Identificação dos fluxos de valor

Quando se realiza um processo de simbiose industrial, é criada uma rede, onde existe transmissão de valor entre a organização focal e os seus *stakeholders* – a designada rede de valor. Por valor entende-se qualquer ação que traz benefícios para quem está a praticá-la. Esta rede, no estudo de caso das areias CBLF, pode ser modelada através do esquema que se apresenta na figura 4-4. Salienta-se que a rede apresentada não está, ainda, implementada.

Os fluxos de valor são baseados nos recursos dos quais uma organização depende, de acordo com a teoria de dependência de recursos (Frooman, 1999). Por exemplo, se um *stakeholder* controla um recurso que é valioso para outro *stakeholder*, existe um fluxo de valor que é criado do primeiro *stakeholder* para o último (Hein *et al.*, 2017). Nesta rede são considerados os seguintes recursos: areias CBLF, areias para combustão, mistura de areias, desclassificação como resíduo e investigação e desenvolvimento.

O esquema da figura 4-4 contém os fluxos que são trocados entre os parceiros diretos (setas a cheio) e os parceiros indiretos (setas a tracejado) de simbiose industrial. Cada um dos fluxos é composto por uma relação de dois sentidos: o fluxo direto e o fluxo recíproco, que descreve a relação inversa. Para uma melhor compreensão, utiliza-se o exemplo do fluxo 3. No

fluxo 3, o fluxo que se encontra representado é o fluxo direto. Este fluxo corresponde à comercialização das areias CBLF, da organização focal para as empresas produtoras de argamassas. O fluxo recíproco, que está representado na figura 4-4 a cor laranja, corresponde à compra por parte das empresas produtoras de argamassas, das areias CBLF à organização focal.

São identificados oito fluxos de valor, trocados entre *stakeholders*:

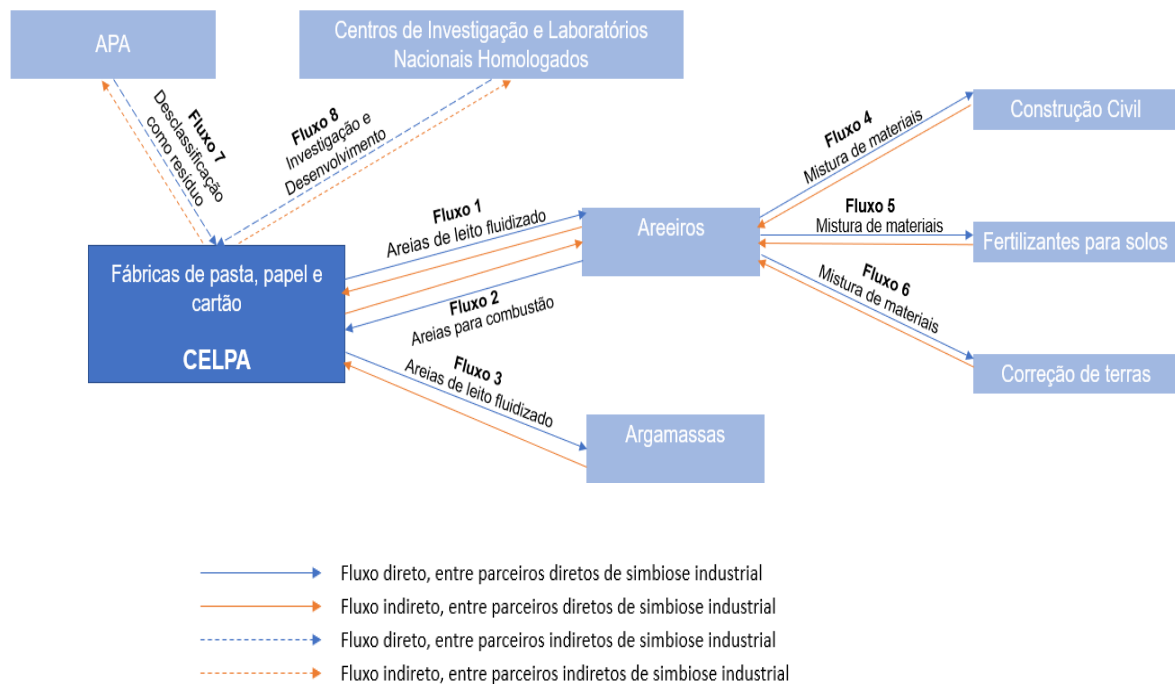


Figura 4-4 Representação dos fluxos de valor na rede do processo de simbiose industrial do estudo de caso

- Fluxos 1 e 2 - O subproduto - areias CBLF, provém da atividade industrial das fábricas de pasta, papel e cartão, representadas pela CELPA, que neste estudo é considerada a organização focal. O subproduto poder ser comercializado para o setor da extração de areias, onde recebe o tratamento necessário, antes de ser incorporado em outros produtos. Uma vez que é necessário renovar as areias das caldeiras de biomassa, presentes nas fábricas de pasta, papel e cartão para garantir o seu bom funcionamento, é viável que os areeiros sejam, também, os fornecedores destas mesmas areias. Assim, poderão otimizar as rotas de transporte e, por um lado, fornecer areias novas às fábricas de pasta, papel e cartão e, por outro, transportar o subproduto até às suas instalações (sendo que o transporte do subproduto é da sua responsabilidade);
- Fluxo 3 - O subproduto poder ser comercializado para o setor das argamassas. No entanto, esta aplicação exige que as empresas de argamassas façam os

investimentos necessários para proceder ao tratamento do subproduto, antes da sua utilização;

- Fluxo 4, 5 e 6 - Após aquisição pelos areeiros, o subproduto pode ser integrado em misturas de materiais, cuja utilização final pode ser em fertilizantes para solos, para correção de terras ou para o setor da construção civil;
- Fluxo 7 – Para as areias CBLF poderem ser comercializadas, estas tiveram de ser desclassificadas como resíduo, pela APA. A sua classificação como subproduto permite que as mesmas sejam comercializadas como matéria-prima secundária, para outras indústrias;
- Fluxo 8 – A organização focal recorre a centros de investigação e laboratórios nacionais homologados, nos quais são desenvolvidos projetos, para estudar e analisar as possibilidades de incorporação do subproduto, em outras indústrias. Os centros de investigação e os laboratórios promovem o desenvolvimento de várias aplicações para o subproduto.

Inerentes a todos os fluxos acima descritos, existem fluxos contrários implícitos – compra das areias CBLF (por parte dos areeiros e argamassas à organização focal), compra das misturas de materiais (por parte dos utilizadores finais aos areeiros), compra das areias para combustão em leito fluidizado (por parte da organização focal aos areeiros), pagamento de taxa de classificação como subproduto (da organização focal à APA) e pagamento da investigação (da organização focal aos centros de investigação e laboratórios nacionais homologados).

4.3.3 Quantificação dos fluxos de valor

Nesta dissertação, no sentido de desenvolver um modelo que estude e analise a rede de simbiose industrial, os critérios utilizados e a sua respetiva escala, encontram-se nas tabelas 4-8 e 4-9. Para efeitos de estudo utilizaram-se as definições de Hein *et al.* (2015):

- “Urgência”: neste contexto, indica a pressa na necessidade de um recurso, para o *stakeholder* que o vai receber.
- “Dependência”: dependente do *stakeholder* específico que fornece um determinado recurso. Quanto maior for a dependência de fornecimento de um recurso, por parte de um *stakeholder*, maior será a pontuação atribuída. Este critério revela a variedade de alternativas no fornecimento de um recurso.

Os critérios de “urgência” e “dependência” são agregados de acordo com a teoria do multi-atributo, originando a pontuação combinada da tabela 4-10.

Tabela 4-8 Níveis de pontuação para o critério “Urgência”
Adaptado de Feng *et al.* (2013)

Pontuação de “Urgência”	Níveis de “Urgência”
0.11	Pode ser cumprido quatros anos, a partir de agora
0.22	Deve ser cumprido entre o terceiro e o quarto ano, a partir de agora
0.33	Deve ser cumprido entre o segundo e o terceiro ano, a partir de agora
0.66	Deve ser cumprido no próximo ano
0.98	Deve ser cumprido este ano

Tabela 4-9 Níveis de pontuação para o critério “Dependência”
Adaptado de Feng *et al.* (2013)

Pontuação de “Dependência”	Níveis de “Dependência”
0.11	Sem importância – não é necessária esta fonte para cumprir esta necessidade de recurso
0.33	Pouco importante – é aceitável que esta fonte cumpra esta necessidade de recurso
0.55	Importante – é preferível que esta fonte cumpra esta necessidade de recurso
0.78	Muito importante – é extremamente desejável que esta fonte cumpra esta necessidade de recurso
0.98	Extremamente importante – é indispensável que esta fonte cumpra esta necessidade de recurso

Tabela 4-10 Pontuação combinada dos critérios “Urgência” e “Dependência”
Adaptado de Feng *et al.* (2013)

Critério “Dependência”	0.98	0.11	0.22	0.32	0.65	0.96
	0.78	0.09	0.17	0.26	0.51	0.76
	0.55	0.06	0.12	0.18	0.36	0.54
	0.33	0.04	0.07	0.11	0.22	0.32
	0.11	0.01	0.02	0.04	0.07	0.11
		0.11	0.22	0.33	0.66	0.98
Critério “Urgência”						

Para construir a matriz de fluxos de valor, foi necessário analisar, detalhadamente, cada fluxo de valor trocado entre *stakeholders*. Para cada fluxo identificado, atribuíram-se pontuações para os critérios de “urgência” e “dependência”, para cada um dos *stakeholders* constituintes desse fluxo, de acordo com as tabelas 4-8 e 4-9. Numa primeira fase, a pontuação foi atribuída de acordo com as percepções obtidas pela investigadora, através das entrevistas não-estruturadas. Posteriormente, procedeu-se à validação desta pontuação junto das respetivas entidades. Embora a rede de valor não esteja ainda implementada, a pontuação foi atribuída considerando-se a situação ideal - com a rede formalmente implementada. A sua leitura faz-se da direita para a esquerda. Por exemplo, para o fluxo 1, a pontuação atribui-se à “urgência” e “dependência” que os areeiros têm, em relação à organização focal, em receber as areias CBLF. Assim, vem:

- Fluxo 1 - Os areeiros vão incorporar o subproduto na sua atividade principal, a de extração de areias. Sendo esta uma ação complementar à sua atividade principal, e estando os areeiros dependentes das fábricas produtoras do subproduto, o mesmo não tem a máxima urgência em ser utilizado, atribuindo-se uma pontuação de 0.33 no critério “urgência”. No entanto, as fábricas de pasta, papel e cartão são as únicas fornecedoras deste subproduto. Contudo, considerando que não existe urgência máxima na sua receção, atribui-se a pontuação de 0.33 no critério “dependência”.

Relativamente ao *fluxo inverso* – compra das areias CBLF, por parte dos areeiros às fábricas de pasta, papel e cartão, considera-se que para as mesmas existem limitações em termos de tempo, para demonstrar a comercialização do subproduto. Assim, as fábricas de pasta, papel e cartão têm urgência em comercializar o subproduto, existindo várias possibilidades de utilização para o mesmo. Atribui-se, então, à CELPA a pontuação de 0.98 no critério “urgência” e 0.55 no critério “dependência”.

- Fluxo 2 - Os areeiros são possíveis fornecedores das areias que são utilizadas nas caldeiras de biomassa. Assim, sempre que exista necessidade de substituição destas areias, as fábricas de pasta, papel e cartão recorrem aos areeiros, atribuindo-se a pontuação de 0.33 no critério “urgência”. Sendo os areeiros, possíveis fornecedores das fábricas de pasta, papel e cartão, atribui-se a pontuação de 0.55 no critério “dependência”.

No sentido contrário – compra das areias para utilização nas caldeiras a biomassa, as fábricas de pasta, papel e cartão são um dos vários clientes da indústria de extração de areias. Nesta indústria, existe uma procura significativa de areias, dividida por vários clientes. No entanto, no sentido de otimizar as rotas de transporte, por parte dos areeiros, os mesmos manifestam interesse em, na mesma rota, ao irem buscar as areias CBLF às instalações das fábricas de pasta, papel e cartão, levarem areias provenientes da sua atividade, para substituição nas caldeiras de biomassa. Assim, atribui-se a pontuação de 0.33 no critério “urgência” e 0.78 no critério “dependência”.

- Fluxo 3 – O setor das argamassas, embora se mostre disponível para trabalhar com recursos alternativos, ao receber as areias CBLF para as incorporar na produção de argamassas, demonstra que não existe urgência em recebê-las. Desta forma, atribui-se a pontuação de 0.33 no critério “urgência” e 0.11 no critério “dependência”.

No sentido contrário a este fluxo, existe também outro fluxo implícito de compra das areias CBLF e, tal como descrito no fluxo 1, existem limitações de tempo para a organização focal comprovar a comercialização deste subproduto. Porém, como existem várias possibilidades de utilização do mesmo, existem, consequentemente, outros participantes que podem também utilizar e incorporar estas areias. Assim, atribui-se a pontuação de 0.98 no critério “urgência” e 0.33 no critério “dependência”.

- Fluxos 4,5 e 6 – Estes fluxos apresentam uma dinâmica semelhante entre si, na rede de valor. Seguidamente, será apresentada a lógica de atribuição de pontuação, exemplificando com um dos fluxos.

Não existe uma relação direta entre a organização focal e o setor da construção civil. O subproduto necessita de ser tratado pelos areeiros, numa primeira fase, antes de ser comercializado para outras indústrias. Contudo, uma vez que adquiram o subproduto, os areeiros vão realizar misturas de materiais (com as areias convencionais, provenientes da sua atividade produtiva e com as areias CBLF, provenientes da organização focal). Estas misturas de areias podem ter várias utilizações finais, por exemplo, para o setor da construção civil, para fertilização de solos e correção de terras. Uma vez que estes consumidores finais utilizam a areia como uma das matérias-primas indispensáveis à sua atividade, existindo estas misturas de areias, as mesmas devem ser utilizadas rapidamente. Sendo que os areeiros são os seus principais fornecedores, existe uma forte relação de dependência. Assim, atribui-se a pontuação de 0.98 no critério “urgência” e no 0.66 critério “dependência”.

Relativamente a estes fluxos, também existem fluxos implícitos no sentido contrário – compra das misturas de areias. A comercialização da areia é a principal atividade do setor de extração de areias e, ao adquirir o subproduto para realizar as misturas que vão ser comercializadas, os areeiros têm a máxima urgência em comercializar estas misturas. Assim, e considerando que existem várias possibilidades de utilização das mesmas, atribui-se aos areeiros a pontuação de 0.98 no critério “urgência” e 0.55 no critério “dependência”.

- Fluxo 7 - Sem a classificação como subproduto, as areias CBLF não podem ser comercializadas. Desta forma, a organização focal tem urgência em manter esta classificação e depende da APA para tal. Assim, atribui-se uma pontuação de 0.98 no critério “urgência” e uma pontuação de 0.98 no critério “dependência”.

Inversamente, a organização focal tem de pagar uma taxa de classificação à APA. Atribui-se a pontuação de no 0.98 critério “urgência” e 0.55 no critério “dependência”. O pedido na classificação como subproduto, devidamente instruído, é avaliado no prazo de 90 dias, nos termos n.º3 do artigo 44.º-A do Diploma do Regime Geral da Gestão de Resíduos, e pela submissão do mesmo é devida uma taxa de 5 000€, a liquidar pelo proponente, aquando da receção do Documento Único de Cobrança, a emitir pela APA.

- Fluxo 8 - A organização focal recorre aos centros de investigação e laboratórios nacionais homologados para avaliar o potencial uso do subproduto como matéria-prima secundária, para outros setores, confirmando os resultados obtidos em utilizações piloto, junto de vários utilizadores, que indicam a aptidão deste subproduto nas argamassas, asfaltos, betões, entre outros. Assim, atribui-se a pontuação de 0.98 no critério “urgência” e 0.55 no critério “dependência”.

No sentido contrário, o fluxo implícito é relativo ao pagamento da investigação desenvolvida pelas entidades acima referidas. Atribui-se a pontuação de 0.66 no critério “urgência” e 0.55 no critério “dependência”.

Desta forma, constrói-se a matriz de fluxos de valor existentes entre *stakeholders*, apresentada na tabela 4-11, onde as linhas e as colunas representam os *stakeholders*. Cada célula corresponde ao valor das trocas que ocorrem da entidade representada na linha, para a entidade representada na coluna. Os valores apresentados em cada célula resultam da combinação da pontuação atribuída nos critérios de “urgência” e “dependência”.

Através da construção da matriz de fluxos de valor é possível verificar as trocas de valor que existem nesta rede, a sua importância para cada *stakeholder* e identificar os *stakeholders* que detêm de maior poder. Através da comparação dos valores obtidos com a conjugação dos dois critérios, conclui-se que os fluxos com as pontuações mais altas, isto é acima de 0.50, envolvem a organização focal, os areeiros, as entidades que representam os possíveis utilizadores finais e os parceiros indiretos de simbiose industrial (APA e centros de investigação e laboratórios nacionais homologados).

Assim, a nível de parceiros diretos, a organização focal é uma das entidades que detêm de maior mais poder nesta rede de simbiose industrial. No entanto, sendo que é da responsabilidade dos areeiros a compra do subproduto às fábricas de pasta, papel e cartão e posterior comercialização de misturas, que envolvem o mesmo, para os utilizadores finais, os *stakeholders* areeiros e os utilizadores finais, são entidades que também detêm de grande poder, uma vez que são a possibilidade mais viável de funcionamento desta rede. A nível de parceiros indiretos, tanto a APA como os centros de investigação e laboratórios nacionais homologados, são entidades que detêm de grande poder na rede, contribuindo para o seu bom funcionamento, destacando-se, contudo, o poder da APA.

Em suma, destacam-se as relações de simbiose industrial entre:

- Organização focal, “CELPA” e o *stakeholder* “areeiros”;
- *Stakeholder* “areeiros” e os *stakeholders* representantes das “utilizações finais”;
- Parceiro indireto “APA” e organização focal;
- Parceiro indireto “Centros de Investigação e Laboratórios Nacionais Homologados” e organização focal.

As areias CBLF, as misturas de materiais, a desclassificação como resíduo e o desenvolvimento e inovação são, desta forma, considerados os recursos-chave desta rede de simbiose industrial, uma vez que são os recursos associados aos fluxos de maior valor.

Tabela 4-11 Matriz de fluxos de valor trocados entre *stakeholders*

<i>Destino do fluxo</i>								
<i>Origem do fluxo</i>	Fábricas de pasta, papel e cartão	Areeiros	Argamassas	Construção civil	Fertilizantes para terra	Correção de solos	APA	Centros de investigação e laboratórios nacionais homologados
Fábricas de pasta, papel e cartão		Areias CBLF (0.22) Compra de areias para combustão em leito fluidizado (0.51)	Areias CBLF (0.07)				Pagamento da taxa de classificação como subproduto (0.54)	Pagamento da investigação desenvolvida (0.36)
Areeiros	Areias para combustão em leito fluidizado (0.36); Compra de areias CBLF (0.54)			Mistura de materiais (0.65)	Mistura de materiais (0.65)	Mistura de materiais (0.65)		
Argamassas	Compra de areias CBLF (0.32)							
Construção civil		Compra de misturas de materiais (0.54)						
Fertilizantes para terra		Compra de mistura de materiais (0.54)						
Correção de solos		Compra de mistura de materiais (0.54)						
APA	Desclassificação das areias como resíduo (0.96)							
Centros de investigação e laboratórios nacionais homologados	Investigação de aplicações para o subproduto (0.54)							

4.4 Identificação das barreiras e motivações ao processo de simbiose industrial

Existe uma distribuição diferente de poder entre *stakeholders* e existem, simultaneamente, diferentes interesses e benefícios, para cada um. Torna-se, deste modo, importante perceber quais as principais barreiras e motivações, inerentes a cada um dos participantes, que podem inibir ou promover este processo de simbiose industrial. Para tal, no âmbito do estudo de caso, foram inquiridos os participantes na rede de simbiose industrial, para estudar e analisar as suas perceções relativamente às barreiras e motivações, para participar neste processo.

Como descrito na subsecção 4.1 e de encontro aos objetivos propostos na subsecção 1.2, nesta dissertação, após um levantamento e adaptação de informação, recolhida na revisão da literatura e através de informação recolhida nas entrevistas não-estruturada, que foram realizadas aos *stakeholders*, construiu-se um guião de recolha de dados, relativamente às principais barreiras e motivações ao processo de simbiose industrial, para o caso específico das areias CBLF. O guião divide-se em três áreas: 12 motivações, 14 barreiras e quatro incentivos. Cada participante avalia as motivações, barreiras e incentivos, de acordo com a sua importância, numa escala de 1 a 5, onde 1 representa “nada importante” e 5 representa “extremamente importante”.

Foram convidados oito participantes, que representam diferentes *stakeholders* na rede de valor em estudo, com perceções diferentes entre si, acerca deste processo de simbiose industrial. Dos oito participantes convidados, um é membro da CELPA, três são representantes das associadas da CELPA, dois são areeiros, um é representante da Associação Portuguesa de Argamassas e ETICS e um é representante de uma empresa de construção civil. O perfil de cada participante é apresentado segundo as características: setor de trabalho, função e tempo de experiência na função – tabela 4-12.

Tabela 4-12 Perfil dos especialistas que foram questionados para recolha de dados

Participante	Setor de trabalho	Função	Tempo de experiência (anos)
Respondente 1	Extração de areias	Gestor da qualidade	7
Respondente 2	Extração de areias	Diretor de produção e qualidade	22
Respondente 3	Argamassas e ETICS	Diretor executivo	1
Respondente 4	Construção Civil	Diretor técnico e comercial	28
Respondente 5	Indústria da Pasta, Papel e Cartão	Técnica de ambiente	4
Respondente 6	Indústria da Pasta, Papel e Cartão	Técnico de ambiente	13
Respondente 7	Indústria da Pasta, Papel e Cartão	Coordenação da área de ambiente e indústria	10
Respondente 8	Indústria da Pasta, Papel e Cartão	Direção técnica corporativa de ambiente	3

4.4.1 Barreiras

Após o envio guião estruturado, via e-mail, os especialistas foram convidados a avaliar as principais barreiras, motivações e incentivos à implementação da simbiose industrial, identificadas

pela investigadora, numa escala de 1 a 5, consoante a importância que atribuem a cada uma. As barreiras identificadas e a pontuação atribuída a cada uma, por cada *stakeholder*, apresentam-se nas tabelas 4-13 e 4-14, respetivamente.

Tabela 4-13 Barreiras ao processo de simbiose industrial

Barreira	Descrição
B1	Inibição do processo de simbiose industrial, devido a legislação e renitência de empresas fiscalizadoras
B2	Falta de comunicação e troca de informação, por parte dos organismos da administração pública que fazem a legislação e os organismos que realizam a fiscalização
B3	Transporte do subproduto, desde a indústria produtora até à indústria consumidora, que se pode traduzir em custos logísticos muito elevados
B4	Temática recentemente introduzida no mercado e, ainda, pouco explorada e divulgada
B5	Falta de amadurecimento do mercado, para suportar a integração do conceito de simbiose industrial e utilização de subprodutos como matéria-prima
B6	Localização geográfica das indústrias produtoras do subproduto, relativamente às indústrias de tratamento e às indústrias de consumo final do mesmo
B7	Inexistência de informação, relativamente à utilização e comportamento do subproduto
B8	Inexistência de comunicação entre indústrias e suporte da gestão de topo
B9	Inexistência de padrões, medição quantitativa e objetivos, para avaliação da performance da empresa
B10	Utilização do subproduto pode não se adaptar ao processo produtivo
B11	Existência de outras soluções que podem ser mais eficientes e rentáveis, do que a implementação do conceito de simbiose industrial
B12	Perceção do consumidor final relativamente a produtos recicláveis
B13	Existência de matérias-primas “virgens” mais económicas
B14	Existência de fundos limitados para aplicação e integração dos conceitos de economia circular e simbiose industrial e modelos de negócio sustentáveis

Tabela 4-14 Pontuações atribuídas às barreiras

Entidades		Barreiras													
		B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	B11	B12	B13	B14
Areeiros	PARAPEDRA	5	5	5	3	3	3	2	3	2	5	5	5	5	3
	SOARVAMIL	4	5	4	4	4	5	4	4	4	4	3	5	5	4
APFAC		3	3	5	5	4	5	5	4	3	5	4	4	5	5
Construção Civil		3	3	5	5	5	5	5	5	3	5	5	5	5	5
Associados CELPA	CELPA	5	5	5	5	5	5	3	4	3	3	3	5	4	5
	Grupo ALTRI (Celbi)	5	5	3	3	4	4	2	2	2	3	3	3	5	4
	The Navigator Company	5	5	5	3	3	4	3	4	2	3	4	4	5	5
	Europac Kraft Viana	5	5	5	3	4	5	3	3	2	3	4	4	3	3
Média		4.4	4.5	4.6	3.9	4	4.5	3.4	3.6	2.6	3.9	3.9	4.4	4.6	4.3

No sentido de analisar os resultados obtidos, calculou-se um valor médio para cada barreira e tiveram-se em consideração as barreiras que apresentavam um valor médio superior a quatro, na escala de importância. Assim, destacam-se as barreiras referentes a:

- **Inibição do processo de simbiose industrial**, devido a legislação e renitência de empresas fiscalizadoras: todos os grupos de *stakeholders* manifestam concordância relativamente a esta barreira, uma vez que, na generalidade, todos os *stakeholders*

concordam que existem, atualmente, muitas barreiras impostas pela legislação à prática de processos que envolvam reutilização e valorização de resíduos e subprodutos, de uma indústria, como matéria-prima secundária de outra indústria;

- **Falta de comunicação e troca de informação**, por parte dos organismos da administração pública que fazem a legislação e os organismos que realizam a fiscalização: os grupos de *stakeholders*, na sua maioria, concordam que existe uma falha entre a legislação que facilita o processo de simbiose industrial, definida pelos organismos da administração pública e a prática deste processo, por parte das entidades fiscalizadoras;

- **Transporte do subproduto**, desde a indústria produtora até à indústria consumidora, que se pode traduzir em custos logísticos muito elevados: sendo o transporte do subproduto da responsabilidade dos areeiros, os mesmos têm que se deslocar até às fábricas de pasta, papel e cartão para recolher o subproduto e levá-lo até às suas instalações. Estando presentes nas instalações dos areeiros, os mesmos são, também, responsáveis por levar as misturas de materiais até ao consumidor final. Todos os grupos de *stakeholders* demonstram consenso em que esta ação pode não ser viável, do ponto de vista logístico, por não se conseguir uma otimização das rotas de transporte e, dessa forma, se traduzir em custos logísticos muito elevados (por exemplo, os camiões responsáveis pelo transporte irem vazios em algumas viagens);

- **Localização geográfica das indústrias produtoras do subproduto**, relativamente às indústrias de tratamento e às indústrias de consumo final do mesmo: considerando a localização geográfica das fábricas produtoras do subproduto, localização das empresas responsáveis pela sua recolha, tratamento e incorporação em misturas de materiais e localização do consumidor final, os grupos de *stakeholders* demonstram, de uma forma geral, que esta é uma barreira importante à prática deste processo de simbiose industrial, uma vez que não existe proximidade geográfica entre estes participantes;

- **Perceção do consumidor final** relativamente a produtos recicláveis: atualmente existe, ainda, muita reticência por parte do consumidor final na utilização de produtos recicláveis. Existe um consenso por parte dos *stakeholders* em que esta é uma barreira importante, uma vez que o mercado ainda não se encontra suficientemente maduro e informado para suportar a utilização de produtos recicláveis;

- **Existência de matérias-primas “virgens” mais económicas**: de uma forma consensual, os diferentes grupos de *stakeholders* concordam que, tratando-se da utilização de subprodutos, e estando os mesmos sujeitos a transporte e tratamento, passando por várias entidades distintas, o seu valor económico pode aumentar. Sendo que existem matérias-primas, que não são recicladas, mais económicas no mercado, é atribuída uma elevada importância a esta barreira;

- **Existência de fundos limitados** para aplicação e integração dos conceitos de economia circular e simbiose industrial e modelos de negócio sustentáveis: no geral, os grupos de *stakeholders* demonstram preocupação com a falta de fundos para conseguirem adaptar os seus modelos de negócio, a modelos de negócio mais sustentáveis (por exemplo,

modelos de simbiose industrial), que promovam a reutilização e valorização de resíduos e dos conceitos de simbiose industrial e economia circular.

4.4.2 Motivações

Da mesma forma que foram identificadas as barreiras à prática deste processo de simbiose industrial, identificaram-se as motivações que o promoviam. Nas tabelas 4-15 e 4-16 encontram-se as principais motivações e a importância atribuída a cada uma, por cada *stakeholder*.

Tabela 4-15 Motivações identificadas ao processo de simbiose industrial

Motivação	Descrição
M1	Contribuição para um desenvolvimento sustentável, através do aproveitamento de um subproduto, permitindo a redução na exploração de recursos naturais
M2	Contribuição para uma melhoria na imagem da empresa, através de “bandeiras” ecológicas
M3	Redução da taxa de resíduos, que têm como destino o aterro
M4	Reduzir o consumo de energia, recursos e resíduos, aumentando a eficiência dos materiais e a utilização de energias renováveis
M5	Existência de carência de areias, em algumas zonas do país, que pode ser satisfeita com a substituição das mesmas, pelo subproduto - areias CBLF
M6	Alinhamento com leis e políticas, relacionadas com a gestão de resíduos
M7	Promoção de <i>networking</i> , através da cooperação entre organizações, para estabelecer cadeias eco industriais e atingir melhorias ambientais
M8	Posse de frota própria, que facilita o transporte do subproduto – areias CBLF
M9	Seleção de fornecedores, utilizando critérios ambientais
M10	Crescimento económico, através da implementação do conceito de economia circular
M11	Pressão colocada pelos consumidores, devido a consciencialização ambiental, no desenvolvimento do conceito de economia circular
M12	Inclusão de fatores ambientais, na performance interna da empresa

Na mesma lógica de análise, foi calculado um valor médio para cada motivação e destacaram-se aquelas cujo valor médio foi superior a quatro, na escala de importância. Assim, dentro das principais motivações salientam-se:

- **Contribuição para um desenvolvimento sustentável**, através do aproveitamento de um subproduto, permitindo a redução na exploração de recursos naturais: existe concordância entre os grupos de *stakeholders* acerca da utilização de subprodutos. Desta forma, ao invés de serem explorados recursos naturais, parte dos mesmos pode ser substituída por subprodutos provenientes de outra indústria;
- **Contribuição para uma melhoria na imagem da empresa**, através de “bandeiras” ecológicas: esta motivação tem, no geral, uma importância elevada, atribuída pelos diferentes *stakeholders*. No entanto, destaca-se a motivação dos grupos de *stakeholders* “areiros” e “setores da construção civil” e “argamassas”, relativamente a alguns associados da CELPA, com a finalidade de terem a imagem da sua empresa associada à sustentabilidade;

Tabela 4-16 Pontuações atribuídas às motivações

Entidades		Motivações											
		M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12
Areeiros	PARAPEDRA	5	5	5	5	3	3	3	5	5	4	4	4
	SOARVAMIL	5	5	5	5	4	4	4	3	5	5	4	4
APFAC		5	5	4	-	-	5	5	2	5	5	5	5
Construção Civil		5	5	5	4	3	3	4	5	5	5	5	4
Associados CELPA	CELPA	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	4	5
	Grupo ALTRI (Celbi)	5	3	4	4	2	4	4	1	2	4	2	3
	The Navigator Company	2	3	3	2	2	4	3	3	3	4	4	3
	Europac Kraft Viana	5	4	5	5	3	4	5	1	3	4	4	4
Média		4.6	4.4	4.5	4.3	3.1	4	4.1	3	4.1	4.5	4	4

- **Redução da taxa de resíduos**, que têm como destino o aterro: existe um consenso global, por parte dos *stakeholders*, no facto da valorização de resíduos permitir uma redução na quantidade que é enviada para aterro. Esta redução possibilita, consequentemente, uma redução na taxa de gestão de resíduos;

- **Reduzir o consumo de energia, recursos e resíduos**, aumentando a eficiência dos materiais e a utilização de energias renováveis: é demonstrado, para esta motivação, um consenso entre os *stakeholders* relativamente à utilização dos subprodutos, como forma de reduzir o consumo de energia, recursos e resíduos. A utilização de subprodutos, como matéria-prima secundária, permite o aumento da eficiência de recursos, simultaneamente à utilização de energia renovável, sendo esta uma motivação importante para a prática da simbiose industrial;

- **Promoção de *networking***, através da cooperação entre organizações, para estabelecer cadeias eco industriais e atingir melhorias ambientais: no geral, os grupos de *stakeholders* consideram a comunicação um elemento-chave que permite partilha de informação e conhecimento, ao longo da rede de valor, possibilitando a criação de cadeias de valor mais sustentáveis;

- **Seleção de fornecedores, utilizando critérios ambientais**: esta motivação destaca-se consideravelmente importante para os grupos de *stakeholders* “areeiros”, “setor da construção civil” e “argamassas”, uma vez que para tornarem as suas empresas mais sustentáveis, deverá existir a preocupação de selecionar fornecedores que tenham, também, uma elevada preocupação ambiental;

- **Crescimento económico**, através da implementação do conceito de economia circular: em todos os grupos de *stakeholders*, esta motivação revelou-se importante, uma vez que reunidas as condições, torna-se possível a prática de ações que promovem a simbiose industrial e põem em prática modelos de economia circular, promovendo o crescimento económico das empresas.

É de salientar que existem duas motivações sem pontuação atribuída pelo *stakeholder* “APFAC”, devido ao facto do tipo de perguntas não de aplicar ao tipo de negócio desenvolvido pela entidade.

Após a análise das barreiras e motivações mais importantes, que podem inibir e motivar a prática da simbiose industrial, foram sugeridos quatro possíveis incentivos, que podem igualmente contribuir para a promoção da mesma. Os incentivos e a respetiva importância, atribuída por cada *stakeholder*, encontram-se nas tabelas 4-17 e 4-18.

Tabela 4-17 Incentivos identificados ao processo de simbiose industrial

Incentivo	Descrição
I1	Existência de incentivos governamentais, nomeadamente, leis, políticas, projetos piloto, indicadores de performance, etc.
I2	Existência de incentivos económicos, como por exemplo, o custo unitário de aquisição de matéria-prima
I3	Criação de infraestruturas, para trocas de informação e conhecimento, mais eficientes, através de redes locais, distribuídas geograficamente
I4	Maior conhecimento e educação da sociedade

Tabela 4-18 Pontuações atribuídas aos incentivos

Entidades		Incentivos			
		I1	I2	I3	I4
Areeiros	PARAPEDRA	2	3	3	5
	SOARVAMIL	5	4	5	5
APFAC		5	5	4	4
Construção Civil		5	5	5	5
Associados CELPA	CELPA	5	5	4	5
	Grupo ALTRI (Celbi)	5	5	4	4
	The Navigator Company	5	5	4	3
	Europac Kraft Viana	5	5	4	4
Média		4.6	4.6	4.1	4.4

Salienta-se que, embora exista um consenso global, acerca da importância de todos os incentivos identificados para a prática da simbiose industrial, os incentivos com maior pontuação, atribuída pelos *stakeholders*, correspondem aos incentivos governamentais (nomeadamente, leis, políticas, projetos piloto, indicadores de performance) e aos incentivos económicos (como por exemplo, o custo unitário de aquisição de matéria-prima).

Note-se que a análise acima efetuada, relativamente ao modelo da rede de simbiose industrial e às principais barreiras, limitações e incentivos, está sujeita a algumas limitações, nomeadamente:

- O modelo de análise da rede de valor apenas inclui as entidades que se ofereceram para participar no estudo. Não inclui, por exemplo, a participação de outros utilizadores finais, para além dos pertencentes ao setor da construção civil;

- Para analisar as principais barreiras, motivações e incentivos, utilizou-se um valor médio que, consequentemente, pode causar valores enviesados, em relação às percepções dos diferentes *stakeholders* na prática da simbiose industrial.

4.5 Análise crítica de resultados

Após o levantamento das principais barreiras e motivações ao processo de simbiose industrial, relacionam-se as mesmas com as ações envolvidas, processos a serem monitorizados e requisitos a serem avaliados, numa escala meso, definidos por Elia *et al.* (2017), no modelo concetual da subsecção 2.3.

Dentro dos requisitos a serem avaliados, destaca-se a relação existente entre os requisitos e as motivações destacadas na subsecção 4.4.3. Conclui-se que a **redução de inputs** e o **uso de recursos naturais** e a **redução das perdas de materiais**, relacionam-se com o facto dos *stakeholders* adotarem o processo de simbiose industrial com o objetivo de **reduzir o consumo de energia, recursos e resíduos** e a **taxa de resíduos, contribuindo para um desenvolvimento sustentável**. Com a **promoção de redes de networking** que se devem estabelecer entre os diversos *stakeholders*, existe a possibilidade de **aumentar a partilha de recursos renováveis e recicláveis**.

Quanto aos processos a serem monitorizados, destaca-se a relação que existe entre os processos e as barreiras identificadas à prática da simbiose industrial. No estudo de caso utilizado nesta dissertação, os processos a serem monitorizados, que têm mais relevância, ocorrem a nível de produção/entrega e a nível do consumo. O **transporte do subproduto** e a **localização geográfica das indústrias produtoras do mesmo** implicam custos logísticos muito elevados e revelam-se barreiras muito importantes à prática da simbiose industrial, interligando-se com o processo de **produção/entrega**. Salienta-se, também que, atualmente, ainda existe alguma incerteza por parte do consumidor final relativamente à **utilização de produtos recicláveis** e à **existência de matérias-primas “virgens” que são mais económicas**. Estas duas barreiras relacionam-se com o processo de **consumo**, uma vez que são relativas aos utilizadores intermediários e finais.

Desta forma, a utilização do estudo de caso das areias CBLF, permite apoiar as ações envolvidas, que se estabeleceram no modelo concetual da subsecção 2.3, para a implementação da simbiose industrial, nomeadamente:

- **Produção e design de produtos circulares:** aqui destaca-se a ação relativa ao fecho do ciclo de utilização de recursos, com a reutilização de um resíduo. Este resíduo, caso reunidas as condições, pode ser considerado um subproduto, que é comercializado e utilizado como matéria-prima secundária, para indústrias de setores distintos, promovendo a produção circular;
- **Modelos de negócio:** comprovou-se que, caso exista interesse e benefícios para os *stakeholders* que irão participar no processo de simbiose industrial, é necessário que os

mesmos adotem modelos de negócio, que lhes permitam estabelecer acordos com os restantes *stakeholders*, para partilha de recursos, serviços comuns e informação;

- **Colaboração entre setores:** após estabelecidas todas as potenciais relações entre *stakeholders*, torna-se necessário que os *stakeholders* identifiquem os recursos e as estratégias existentes, para ir de encontro à satisfação dos requisitos ao processo de simbiose industrial. A ação de colaboração entre setores é de extrema importância, para a criação de uma rede que envolva todos os participantes e lhes ofereça ferramentas para trabalharem uns com os outros, em direção a uma economia circular;

- **Utilização de matéria-prima em cascata:** uma vez que os vários *stakeholders* estão a comercializar entre si um subproduto, que outrora era considerado um resíduo proveniente de uma indústria específica, como matéria-prima secundária, a ação relativa à utilização de matéria-prima em cascata está a ser promovida e permite, consequentemente, aumentar a eficiência de recursos e reduzir a pressão sobre a exploração de recursos naturais.

Assim, estão reunidas as condições para garantir uma prática efetiva e eficiente do processo de simbiose industrial.

5 Conclusões

Esta última secção pretende sintetizar o trabalho desenvolvido acerca da temática da implementação e promoção da simbiose industrial. Ainda nesta secção são apresentadas algumas sugestões para trabalhos futuros, nesta temática.

Atualmente, apesar das empresas estarem mais conscientes acerca da economia circular, é necessário que as mesmas desenvolvam estratégias e práticas, de modo a promover este novo modelo económico. O trabalho desenvolvido na dissertação, explora apenas uma das estratégias que promove a economia circular – a simbiose industrial. O rótulo geral do conceito de simbiose industrial inclui uma variedade de práticas, que envolvem a ligação de processos industriais, em sistemas industriais regionais, através da troca de recursos, simultaneamente à reutilização e comercialização de materiais, que podem ser utilizados como matéria-prima secundária.

Assim, esta dissertação teve como objetivo a construção de um modelo de análise de uma rede de simbose industrial e a realização de um levantamento das principais barreiras, motivações e incentivos inerentes a esta prática. Para este fim, adotou-se a metodologia de estudo de caso, ao caso específico de um dos resíduos gerados pela indústria da pasta, papel e cartão – as areias CBLF. Estas areias, consideradas atualmente como subproduto, podem ser comercializadas e utilizadas como matéria-prima secundária, por outra indústria. No estudo participaram seis entidades, envolvidas na rede de valor de simbiose industrial e foram realizados questionários, a todas elas, para o levantamento das barreiras e motivações, que inibiam ou motivavam a prática deste processo de simbiose industrial.

Para este estudo de caso, foram identificados *stakeholders* interessados na comercialização deste subproduto, desde as indústrias produtoras do mesmo, passando pelos utilizadores intermediários, necessários ao transporte e tratamento das areias CBLF e incorporação das mesmas, em misturas de areias, até aos utilizadores finais. Foram, também, identificadas possíveis utilizações deste subproduto, para além da utilização em argamassas e construção civil.

A construção de um modelo de análise à rede de valor de simbiose industrial permitiu a identificação dos grupos de *stakeholders* correspondentes à **organização focal** – CELPA e **areeiros**, como sendo os *stakeholders* que detêm de **maior poder** e interesse nesta rede de simbiose industrial. O modelo permitiu, ainda, concluir (a título de exemplo) que a aplicação mais viável das areias CBLF, seria a incorporação das mesmas em **misturas de materiais**, realizadas pelos areeiros, que permitem a sua utilização em setores como o da construção civil, para fertilizantes dos solos ou correção de terras.

Através da realização de um questionário, foi possível retirar conclusões sobre a perceção de cada stakeholder, acerca da importância atribuída a um conjunto de barreiras, motivações e incentivos, que inibem ou promovem a prática da simbiose industrial. Destacando-se das principais barreiras: inibição do processo de simbiose industrial devido a legislação, falta de comunicação e troca de informação, transporte do subproduto, localização geográfica das indústrias produtoras do

subproduto, percepção do consumidor final relativamente a produtos recicláveis, existência de matérias-primas “virgens” mais económicas e existência de fundos limitados para aplicação do conceito de simbiose industrial. A nível de motivações destacaram-se: contribuição para um desenvolvimento sustentável, contribuição para uma melhoria na imagem da empresa, redução da taxa de resíduos, redução do consumo de energia, recursos e resíduos, promoção de *networking*, seleção de fornecedores, utilizando critérios ambientais e crescimento económico.

Conjugando os *stakeholders* que detêm de maior poder, nesta rede de simbiose industrial, com as principais barreiras e motivações que levam à prática da mesma, concluiu-se que é necessário que estes *stakeholders* adotem ações-chave, nomeadamente a nível de:

- Design de produtos e produção circular, para fechar os ciclos de utilização de recursos;
- Adoção de modelos de negócio, que devem estar virados para a promoção do conceito de simbiose industrial;
- Colaboração entre setores, para incentivar a partilha de recursos e promover uma rede de *networking* entre os vários *stakeholders*;
- Utilização de matéria-prima em cascata, uma vez que existe valorização de um resíduo, produzido por uma determinada indústria, que é utilizado por outras.

Note-se que, para uma boa prática da simbiose industrial, a comunicação (seja ela, comunicação social ou comunicação entre *stakeholders*) e a extensão do conhecimento são recursos-chave para o sucesso.

Reunidas estas condições, conclui-se que este mercado específico está preparado para a comercialização de um subproduto, outrora considerado resíduo, permitindo a sua incorporação em outras indústrias, que não as responsáveis pela sua produção, promovendo a sustentabilidade e reduzindo a exploração de recursos naturais.

Este estudo tem como principais contribuições:

- Identificação dos *stakeholders*, participantes na rede de simbiose industrial e indispensáveis ao funcionamento da mesma e identificação de possíveis utilizações para as areias CBLF;
- Quantificação do poder dos stakeholders e identificação dos recursos-chave;
- Identificação da percepção, de cada *stakeholder*, acerca das principais barreiras, motivações e incentivos, que inibem ou promovem a prática da simbiose industrial;
- Identificação das ações-chave a adotar, para promover a implementação da simbiose industrial.

Note-se que o estudo está limitado por alguns fatores, como o modelo de análise da rede de valor apenas incluir as entidades que se ofereceram para participar no estudo (por exemplo, inclui apenas os utilizadores finais pertencentes ao setor da construção civil). Por outro lado, no estudo de caso, a análise das principais barreiras, motivações e incentivos é realizada através do cálculo de um valor médio, inquirindo oito participantes, o que consequentemente pode causar valores enviesados, em relação às percepções dos diferentes *stakeholders*, na prática da simbiose industrial. Finalmente os resultados não devem ser generalizados a outras redes de valor de subprodutos, uma vez que tipo de

subproduto e *stakeholders* envolvidos poderão implicar outros factores que influenciam a urgência e dependência dos fluxos trocados na rede.

Como sugestão de investigações futuras, propõe-se a expansão da prática da simbiose industrial, para outros setores de atividade, através da exploração de novos estudos de caso. Estes estudos de caso devem envolver subprodutos de outras indústrias e devem ser exploradas várias aplicações, para a comercialização dos mesmos, em outras áreas (por exemplo, no setor químico).

Investigações futuras podem, também, abordar e explorar a nova estratégia da bioeconomia, sendo que esta temática começa a ser cada vez mais atual. Podem, ainda, ser desenvolvidas investigações, dentro do contexto da economia circular, que comparem outros setores industriais, com o setor da pasta, papel e cartão, englobando aspetos como o seu posicionamento a nível europeu, inovação, entre outros.

Bibliografia

- Álvarez, R., & Ruiz-Puente, C. (2017). Development of the Tool SymbioSyS to Support the Transition Towards a Circular Economy Based on Industrial Symbiosis Strategies. *Waste and Biomass Valorization*, 8(5), 1521–1530. <https://doi.org/10.1007/s12649-016-9748-1>
- APA, A. P. do A. (2015). *Critérios gerais para classificação de subproduto*. Disponível em: https://www.apambiente.pt/_zdata/Políticas/Resíduos/Desclassificacao%20Resíduos/CriteriosGeraisClassificacaoSubproduto.pdf [Acedido em 27 Junho 2018]
- APA, A. P. do A. (2016). *APA - Políticas; Resíduos; Desclassificação de Resíduos; Subproduto*. Disponível em: <http://apambiente.pt/index.php?ref=16&subref=84&sub2ref=957&sub3ref=958> [Acedido em 27 Junho 2018]
- Bauman, Z. (2001). Consuming life. *Journal of Consumer Culture*, 1(1), 9–29. doi:10.1177/146954050100100102
- Bocken, N. M. P., de Pauw, I., Bakker, C., & van der Grinten, B. (2016). Product design and business model strategies for a circular economy. *Journal of Industrial and Production Engineering*, 33(5), 308–320. doi: 10.1080/21681015.2016.1172124
- Carus, M., Dammer, L., Hermann, A., & Essel, R. (2014). Proposals for a Reform of the Renewable Energy Directive to a Renewable Energy and Materials Directive. *Industrial Biotechnology*, 10(4), 269-274. doi: 10.1089/ind.2014.1528
- CELPA. (2016). *Boletim Estatístico 2016*. Disponível em: https://www.celpa.pt/wp-content/uploads/2018/01/Boletim_WEB.pdf [Acedido em 27 Março 2018]
- CELPA. (2017). *Boletim Estatístico 2017*. Disponível em: http://www.celpa.pt/wp-content/uploads/2018/10/Boletim_WEB-2.pdf [Acedido 27 Outubro 2018]
- Chertow, M. (2000). Industrial symbiosis: Literature and taxonomy. *Annual Review of Energy and the Environment*, 25, 313-337. doi: 0.1146/annurev.energy.25.1.313
- Chertow, M. R. (2008). “Uncovering” Industrial Symbiosis. *Journal of Industrial Ecology*, 11(1), 11–30. doi: 10.1162/jiec.2007.1110
- Dammer, L., Bowyer, C., Breitmayer, E., Eder, A., Nanni, S., Allen, B., Carus, M., & Essel, R. (2016). Mapping study on the cascading use of wood products, 60. Disponível em: http://awsassets.panda.org/downloads/cascading_use_of_wood_web.pdf [Acedido em 10 Abril 2018]
- Desrochers, P. (2002). Regional development and inter-industry recycling linkages: Some historical perspectives. *Entrepreneurship and Regional Development*, 14(1), 49–65. doi: 10.1080/08985620110096627
- DGEG, D. G. de E. e G. (2007). Energias Renováveis - Biomassa. Disponível em: <http://www.dgeg.gov.pt/pagina.aspx?js=0&codigono=636364426879AAAAAAAAAAAAA> [Acedido em 27 Junho 2018]

- Ehrenfeld, J., & Gertler, N. (1997). Industrial Ecology in Practice: The Evolution of Interdependence at Kalundborg. *Journal of Industrial Ecology*, 1(1), 67–79. doi: 10.1162/jiec.1997.1.1.67
- Eisenhardt, K. M., & Graebner, M. E. (2007). Theory building from cases: Opportunities and challenges. *Academy of Management Journal*, 50(1), 25-32. doi: 10.5465/AMJ.2007.24160888
- Elia, V., Gnoni, M. G., & Tornese, F. (2017). Measuring circular economy strategies through index methods: A critical analysis. *Journal of Cleaner Production*, 142, 2741–2751. doi: 10.1016/j.jclepro.2016.10.196
- European Commission. (2013). *2030 climate & energy framework | Climate Action*. Disponível em: https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2030_en [Acedido em 22 Março 2018]
- European Commission. (2017a). *Bioeconomy - The Bioeconomy Strategy*. Disponível em: <https://ec.europa.eu/research/bioeconomy/index.cfm?pg=policy&lib=strategy> [Acedido em 10 Abril 2018]
- European Commission. (2017b). *Bioeconomy policy*. Disponível em: <https://ec.europa.eu/research/bioeconomy/index.cfm?pg=policy> [Acedido em 10 Abril 2018]
- European Union. (2017). *Review of the 2012 European Bioeconomy Strategy. The 2012 European Bioeconomy Strategy*. doi: 10.2777/086770
- Felicio, M. C. (2013). *Proposta de um indicador para monitorar a evolução da simbiose industrial em parques eco-industriais segundo a perspectiva de sistemas dinâmicos*. (Tese de Mestrado, Universidade de São Paulo: São Carlos: EESC -USP)
- Feng, W., Lessard, D. R., Bruce, G. C., & Crawley, E.F (2013). Strategic Management for Large Engineering Projects: the Stakeholder Value Network Approach. In P. Carrillo & P. Chinowsky (Eds), *Engineering Project Organization Conference*, Colorado, USA, (p. 356)
- Fraga, M. (2017). *A economia circular na indústria portuguesa de pasta , papel e cartão* (Tese de Mestrado, Faculdade de Ciências e Tecnologia - Universidade Nova de Lisboa)
- Freeman, R. E. (1984). *Strategic management: A stakeholder approach*. doi: 10.2139/ssrn.263511
- Frooman, J. (1999). Stakeholder influence strategies. *Academy of Management Review*, 24(2), 191-205. doi: 10.5465/AMR.1999.1893928
- Genovese, A., Acquaye, A. A., Figueroa, A., & Lenny Koh, S. . (2015). Sustainable supply chain management and the transition towards a circular economy: Evidence and some applications. *Omega*, 66(B), 344-357. doi: 10.1016/j.omega.2015.05.015
- Grant, G. B., Seager, T. P., Massard, G., & Nies, L. (2010). Information and communication technology for industrial symbiosis. *Journal of Industrial Ecology*, 14(5), 740–753. doi:10.1111/j.1530-9290.2010.00273.x
- Hein, A. M., Jankovic, M., Farel, R., & Yannou, B. (2015). A Conceptual Framework for Eco-Industrial Parks. In *Volume 4: 20th Design for Manufacturing and the Life Cycle Conference; 9th International Conference on Micro- and Nanosystems*. doi: 10.1115/DETC2015-46322
- Hein, A. M., Jankovic, M., Feng, W., Farel, R., Yune, J. H., & Yannou, B. (2017). Stakeholder power in industrial symbioses: A stakeholder value network approach. *Journal of Cleaner Production*, 148, 923–933. doi: 10.1016/j.jclepro.2017.01.136

- Jiao, W., & Boons, F. (2014). Toward a research agenda for policy intervention and facilitation to enhance industrial symbiosis based on a comprehensive literature review. *Journal of Cleaner Production*, 67, 14–25. doi: 10.1016/j.jclepro.2013.12.050
- Korhonen, J. (2001). Four ecosystem principles for an industrial ecosystem. *Journal of Cleaner Production*, 9(3), 253–259. doi: 10.1016/S0959-6526(00)00058-5
- Kotzab, H., Seuring, S., Muller, M., Reiner, G., & Westhaus, M. (2005). *Research Methodologies in Supply Chain Management*. In EDITORES *Research Methodologies in supply chain management*. doi: 10.1007/3-7908-1636-1
- KPMG. (2012). *Expect the Unexpected: Building business value in a changing world*. KPMG International. Disponível em: <https://home.kpmg.com/content/dam/kpmg/pdf/2012/08/building-business-value-part-1.pdf> [Acedido em 27 Março 2018]
- Li, Y., & Ma, C. (2015). Circular economy of a papermaking park in China: A case study. *Journal of Cleaner Production*, 92, 65–74. doi: 10.1016/j.jclepro.2014.12.098
- Machado, L., & Modolo, R. (2007). *Solutions development for pulp and paper process solid wastes - from laboratory bench to industrial scale implementation*. Quinta de São Francisco, Eixo, Portugal.
- Magretta, J. (2002). Why business models matter. *Harvard Business Review*, 80(5), 86-87. doi: 10.1002/1099-0690(200112)2001:23<4391::AID-EJOC4391>3.0.CO;2-D
- Mantau, U. (2012). *Wood flows in Europe (EV27)*. Project Report. Celle 2012, 24. Disponível em: <http://www.cepi.org/system/files/public/documents/publications/forest/2012/CEPIWoodFlowsinEurope2012.pdf> [Acedido em 27 Outubro 2018]
- McCormick, K., & Kautto, N. (2013). The Bioeconomy in Europe: An Overview. *Sustainability (Switzerland)*, 5(6), 2589–2608. doi: 10.3390/su5062589
- Mitchell, R. K., Wood, D. J., & Agle, B. (1997). Toward a Theory of Stakeholder Identification and Salience : Defining the Principle of Who and What Really Counts Review, *Academy of Management Review*, 22(4), 853–886. doi: 10.5465/AMR.1997.9711022105
- Parapedra, G. (2013). Grupo Parapedra. Disponível em: <http://www.parapedra.pt/home.php> [Acedido em 14 Setembo 2018]
- Pätäri, S., Tuppurä, A., Toppinen, A., & Korhonen, J. (2016). Global sustainability megaforges in shaping the future of the European pulp and paper industry towards a bioeconomy. *Forest Policy and Economics*, 66, 38–46. doi: 10.1016/j.forpol.2015.10.009
- Porter, M. E., & Linde, C. van der. (1995). Toward a New Conception of the Environment-Competitiveness Relationship. *Journal of Economic Perspectives*, 9(4), 97–118. doi: 10.1257/jep.9.4.97
- Scarlatt, N., Dallemand, J. F., Monforti-Ferrario, F., & Nita, V. (2015). The role of biomass and bioenergy in a future bioeconomy: Policies and facts. *Environmental Development*, 15, 3–34. doi: 10.1016/j.envdev.2015.03.006
- Sisto, R., van Vliet, M., & Prosperi, M. (2016). Puzzling stakeholder views for long-term planning in the bio-economy: A back-casting application. *Futures*, 76, 42–54. doi: 10.1016/j.futures.2015.04.002

- Spezza, C. (MSW), & Borbely, C. (2013). Prevention tactics: Cross-Sector Collaboration. Center for Applied Research Solutions, 9(10). Disponível em: <http://www.cars-rp.org/wp-content/uploads/2014/08/PT09.10.14.pdf> [Acedido em 27 Março 2018]
- Stahel, W. (1982). The product life factor. In S. Grinton Orr (Ed.), *An Inquiry into the Nature of Sustainable Societies. The Role of the Private Sector* (pp. 72–96). Houston Area Research Center. Disponível em: <http://infohouse.p2ric.org/ref/33/32217.pdf> [Acedido em 27 Março 2018]
- Stahel, W. (1994). The Utilization-Focused Service Economy: Resource Efficiency and Product-Life Extension. Em *The greening of industrial ecosystems* (pp. 178–190). doi: 10.17226/2129
- Su, B., Heshmati, A., Geng, Y., & Yu, X. (2013). A review of the circular economy in China: Moving from rhetoric to implementation. *Journal of Cleaner Production*, 42, 215–227. doi: 10.1016/j.jclepro.2012.11.020
- Teece, D. J. (2010). Business models, business strategy and innovation. *Long Range Planning*, 43(2–3), 172–194. doi: 10.1016/j.lrp.2009.07.003
- The Navigator Company. (2018). *O processo de fabrico do papel*. Disponível em: <http://www.thenavigatorcompany.com/Pasta-e-Papel/Papel/O-Processo-Produtivo-do-Papel> [Acedido em 22 Agosto 2018]
- Toppinen, A., Pätäri, S., Tuppur, A., & Jantunen, A. (2017). The European pulp and paper industry in transition to a bio-economy: A Delphi study. *Futures*, 88, 1–14. doi: 10.1016/j.futures.2017.02.002
- United Nations. (2008). *Public Goods for Economic Development. UNIDO Publication*. Disponível em: https://www.unido.org/sites/default/files/2009-02/Public%20goods%20for%20economic%20development_sale_0.pdf [Acedido em 22 Março 2018]
- United Nations. (2012). *Future We Want - Outcome document* ∴ Sustainable Development Knowledge Platform. Disponível em: <https://sustainabledevelopment.un.org/futurewewant.html> [Acedido em 22 Março 2018]
- Vis, M., Mantau, U., Allen, B., & Eds. (2016). Study on the optimised use of wood (forthcoming). In *Study on the optimised cascading use of wood* (p. 337). doi: 10.2873/827106
- Voss, C., Tsikriktsis, N., & Frohlich, M. (2002). Case research in operations management. *International Journal of Operations and Production Management*, 22(2), 195–219. doi: 10.1108/01443570210414329
- Watkins, G., Husgafvel, R., Pajunen, N., Dahl, O., & Heiskanen, K. (2013). Overcoming institutional barriers in the development of novel process industry residue based symbiosis products - Case study at the EU level. *Minerals Engineering*, 41, 31–40. doi: 10.1016/j.mineng.2012.10.003
- Winans, K., Kendall, A., & Deng, H. (2017). The history and current applications of the circular economy concept. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 68, 825–833. doi: 10.1016/j.rser.2016.09.123
- Yin, R. K. (2009). *Case Study Research: Design and Methods. Essential guide to qualitative methods in organizational research*. doi: 10.1097/FCH.0b013e31822dda9e

Zhu, Q., Geng, Y., & Lai, K. hung. (2010). Circular economy practices among Chinese manufacturers varying in environmental-oriented supply chain cooperation and the performance implications. *Journal of Environmental Management*, 91(6), 1324–1331. doi: 10.1016/j.jenvman.2010.02.013

Anexo A Workshops e seminários efetuados sobre a temática da economia circular

Identificação de eventos, como por exemplo: workshops, seminários e encontros, realizados entre Setembro de 2017 e Março de 2018, acerca da temática da economia circular – tabela A1.

Tabela A-1 Workshops, seminários e encontros, realizados acerca da temática economia circular

Data	Evento
Setembro 2017	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Greenfest</i>: com o objetivo de promover e disseminar as melhores práticas de sustentabilidade; • <i>The Circular Economy and the Built Environment</i>: onde foi discutido a necessidade de adaptar o modelo de economia circular no setor da construção.
Outubro 2017	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Atelier SMART RURAL</i>: realizado para conhecer e divulgar experiências realizadas pela LIFEPLY, fabricante de filamento para impressoras 3D, a partir da extrusão de plástico reciclado.
Novembro 2017	<ul style="list-style-type: none"> • <i>DIF: Disruptive Innovation Festival</i>: Conferências gratuitas sobre a ligação entre: IoT, economia circular e design; • <i>Conferência GPA – COTEC “Gestão Eficiente de Recursos no Contexto da Economia Circular</i>; • <i>CIEC – Conferência Internacional em Economia Circular</i>; • <i>1º Seminário de Construção Circular</i>; • <i>Infoday</i>: Oportunidades de financiamento de I&D, na Economia Circular; • <i>European Cooperation for Industrial Symbiosis</i>: workshop para apresentação dos estudos mais recentes e discussão dos tópicos mais críticos para o sucesso do conceito de economia circular.
Janeiro 2018	<ul style="list-style-type: none"> • <i>2º Seminário de Construção Circular</i>.
Fevereiro 2018	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Mapear Economia Circular em Cidades</i>; • <i>Circular Economy Stakeholder Conference</i>: com o objetivo de discutir os novos entregáveis, novas áreas de ação e partilhar as metas alcançadas pela European Circular Economy Stakeholder Platform; • <i>Soluções locais para a Economia Circular</i>: programa que pretende apoiar as Juntas de Freguesia, em ações locais em economia circular.
Março 2018	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Sinergias Circulares</i>: projeto desenvolvido por um grupo de trabalho, do BCSD (Conselho Empresarial para o Desenvolvimento Sustentável), dedicado à economia circular e simbioses industriais, que tem como objetivo potenciar sinergias entre os associados do BCSD na área dos resíduos e subprodutos; • <i>Ciclo de vida, economia circular e compras sustentáveis</i>: Discussão da ISO 14001:2015 – Sistema de Gestão Ambiental e a ISO 20400 – <i>Sustainable Procurement Guidance</i>; • <i>3º Seminário de Construção Circular</i>.

Anexo B Guião de recolha de dados

Economia Circular – Caso de estudo do subproduto areias CBLF

A realização deste questionário insere-se no trabalho de investigação da dissertação conducente ao grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial, da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa (FCT/UNL).

Tem como tema principal a economia circular, mais concretamente, o estudo de variáveis que promovem a simbiose industrial. A economia circular entende-se como sendo um modelo que aborda a reutilização de recursos, aumentando a sua eficiência e tempo de vida e permitindo a redução na exploração de recursos naturais. O conceito de economia circular possibilita a utilização e troca de subprodutos (outroza considerados “resíduos”), entre diferentes indústrias, contribuindo para a integração do conceito de simbiose industrial e criando um fluxo cíclico de energia e materiais.

Neste contexto, apresenta-se um pequeno questionário, com o principal objetivo de identificar as principais motivações, iniciativas e barreiras, à implementação do conceito de simbiose industrial. Mais especificamente, o questionário aborda o caso de estudo do subproduto – **areias das caldeiras de biomassa de leito fluidizado**, produzidas nas caldeiras de biomassa, existentes nas fábricas de pasta, papel e cartão. Este tipo de areias pode ser comercializado, existindo várias possibilidades de utilização das mesmas.

Pede-se a sua colaboração, através do preenchimento do questionário.

Função: ____ N.º de anos de experiência no cargo: ____

Por favor, indique a sua percepção sobre a importância que atribui (segundo a escala: 1 – Nada importante e 5 – Extremamente importante), relativamente às principais motivações, possíveis incentivos e barreiras, previamente identificadas, acerca da utilização do subproduto – **areias das caldeiras de biomassa de leite fluidizado**.
(Assinale com um X a resposta mais adequada).

Perceção	1 Nada importante	2	3 Importante	4	5 Extremamente importante
Motivações					
Contribuição para um desenvolvimento sustentável, através do aproveitamento de um subproduto, permitindo a redução na exploração de recursos naturais					
Contribuição para uma melhoria na imagem da empresa, através de “bandeiras” ecológicas					
Redução da taxa de resíduos, que têm como destino o aterro					
Reduzir o consumo de energia, recursos e resíduos, aumentando a eficiência dos materiais e a utilização de energias renováveis					
Existência de carência de areias, em algumas zonas do país, que pode ser satisfeita com a substituição das mesmas, pelo subproduto – areias CBLF					
Alinhamento com leis e políticas, relacionadas com a gestão de resíduos					
Promoção de <i>networking</i> , através da cooperação entre organizações, para estabelecer cadeias eco industriais e atingir melhorias ambientais					
Posse de frota própria, que facilita o transporte do subproduto – areias CBLF					
Seleção de fornecedores, utilizando critérios ambientais					
Crescimento económico, através da implementação do conceito de economia circular					
Pressão colocada pelos consumidores, devido a consciencialização ambiental, no desenvolvimento do conceito de economia circular					
Inclusão de fatores ambientais, na performance interna da empresa					
Comentários:					

Perceção	1 Nada importante	2	3 Importante	4	5 Extremamente importante
Possíveis Incentivos					
Existência de incentivos governamentais, nomeadamente, leis, políticas, projetos piloto, indicadores de performance, etc.					
Existência de incentivos económicos, como por exemplo, o custo unitário de aquisição de matéria-prima					
Criação de infraestruturas, para trocas de informação e conhecimento, mais eficientes, através de redes locais, distribuídas geograficamente					
Maior conhecimento e educação da sociedade					
Comentários:					

Percepção	1 Nada importante	2	3 Importante	4	5 Extremamente importante
Barreiras					
Inibição do processo de simbiose industrial, devido a legislação e renitência de empresas fiscalizadoras					
Falta de comunicação e troca de informação, por parte dos organismos da administração pública que fazem a legislação e os organismos que realizam a fiscalização					
Transporte do subproduto, desde a indústria produtora até à indústria consumidora, que se pode traduzir em custos logísticos muito elevados					
Temática recentemente introduzida no mercado e, ainda, pouco explorada e divulgada;					
Falta de amadurecimento do mercado, para suportar a integração do conceito de simbiose industrial e utilização de subprodutos como matéria-prima					
Localização geográfica das indústrias produtoras do subproduto, relativamente às indústrias de tratamento e às indústrias de consumo final do mesmo					
Inexistência de informação, relativamente à utilização e comportamento do subproduto					
Inexistência de comunicação entre indústrias e suporte da gestão de topo					
Inexistência de padrões, medição quantitativa e objetivos, para avaliação da performance da empresa					
Utilização do subproduto pode não se adaptar ao processo produtivo					
Existência de outras soluções que podem ser mais eficientes e rentáveis, do que a implementação do conceito de simbiose industrial					
Percepção do consumidor final relativamente a produtos recicláveis					
Existência de matérias-primas “virgens” mais económicas					
Existência de fundos limitados para aplicação e integração dos conceitos de economia circular e simbiose industrial e modelos de negócio sustentáveis					
Comentários:					